

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka

Opinnäytetyö

Janica Backman

TERÄSRAKENTEISTEN SITEIDEN LIITOKSET

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

DI Risto Lilja
SS-Teracon Oy, valvojina DI Pasi Koivisto ja DI Reijo Kytömäki

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

Backman, Janica

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2008

Hakusanat

Teräsrakenteisten siteiden liitokset

86 sivua + 2 liitesivua

DI Risto Lilja

SS-Teracon Oy, valvojina DI Pasi Koivisto ja DI Reijo Kytömäki

pienahitsi, vinoside, tehollinen pituus, Eurokoodi

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä käsiteltiin teräsrakenteisten siteiden liitoksia Eurokoodi 3:n mukaisesti. Työ on tehty SS-Teracon Oy:lle, ja sen kaavojen perusteella tehdään myöhemmin yrityksen sisäiseen käyttöön mitoitusohjelma. Työhön on otettu mukaan yleisimmät sideliitokset sekä muutama harvinaisempi liitos.

Tässä työssä annettiin kaavat seuraavien liitoksien mitoittamiseen: vaakasiteen liitos putkiprofiiliin sekä 1- että 2-leikkeisenä normaalia liitoslevyä tai sisäänvedettyä levyä käyttäen, vinositeen liitos putkiprofiiliin sekä pituussuuntaisella että poikittaissuuntaisella levyllä ja vinositeen liitos I-profiiliin normaalia liitoslevyä tai sisäänvedettyä levyä käyttäen.

Jokaisessa liitoksessa tarkasteltiin ruuvien kestävyyttä, liitoslevyjen kestävyyttä reunapuristuksen ja palamurtumisen suhteen, hitsien kestävyyttä ja perusaineen kestävyyttä siteen, liitoslevyjen ja pilarin kohdalla.

TAMPERE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Construction Engineering

Building construction

Backman, Janica

Joints of steel braces

Engineering Thesis

86 pages, 2 appendices

Thesis Supervisor

Risto Lilja (MSc)

Commissioning Company

SS-Teracon Oy, supervisors: Pasi Koivisto (MSc) and
Reijo Kytömäki (MSc)

May 2008

Keywords

fillet weld, diagonal brace, effective length, Eurocode

ABSTRACT

This thesis examines the joints of steel braces according to Eurocode 3.

This thesis is made for SS-Teracon Oy. Later on the dimensioning programmes will be made by using the formulas of this thesis, which includes the most common brace joints and few unusual joints.

In this thesis the dimensioning formulas will be given for following joints: the connection between horizontal brace and hollow section (single lap joint and double lap joint) by using normal connection plate or connection plate partly inside the brace, the connection between diagonal brace and hollow section with longitudinal plate or cross direction plate, the connection between diagonal brace and I-section by using normal connection plate or connection plate partly inside the brace.

These parameters was checked in every connection: shear resistance of bolts, block shear resistance of connection plates, bearing resistance of connection plates, resistance of welds and resistance of cross section of the brace, connection plate and column.

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty SS-Teracon Oy:n toimeksiannosta Tampereen toimipisteessä ja se valmistui huhtikuussa 2008.

Kiitos työni valvojille, joita olivat SS-Teracon Oy:n puolesta DI Pasi Koivisto ja DI Reijo Kytömäki sekä Tampereen ammattikorkeakoulun puolesta DI Risto Lilja. Kaikista teistä oli suurta apua työn tekemisessä.

Kiitos vielä erikseen SS-Teracon Oy:lle mielenkiintoisesta insinöörityön aiheesta, jossa riitti haastetta.

Tampereella 28.4.2008

Janica Backman

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO	5
MERKINNÄT	6
1 JOHDANTO.....	8
2 VAAKASITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN.....	9
2.1 Ruuvien leikkauskestävyys.....	9
2.2 Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys.....	11
2.3 Liitoslevyjien palamurtumiskestävyys.....	12
2.4 Perusaineen kestävyys.....	13
2.4.1 Siteen putki.....	14
2.4.2 Siteen laipat.....	15
2.4.3 Liitoslevyn juuri siteessä.....	17
2.4.4 Liitoslevyn juuri pilarissa.....	18
2.4.5 Liitoslevy pulttien kohdalla.....	19
2.4.6 Pilarin kestävyys.....	20
2.5 Hitsien kestävyys.....	22
3 VAAKASITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN (SISÄÄNVEDETTY LEVY).....	31
4 VAAKASITEEN 2-LEIKKEINEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN.....	38
5 VAAKASITEEN 2-LEIKKEINEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN (SISÄÄNVEDETYT LEVYTT).....	47
6 VINOSITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN PITUUSSUUNTAISELLA LEVYLLÄ... 53	
7 VINOSITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN POIKITTAISSUUNTAISELLA LEVYLLÄ.....	62
8 VINOSITEEN LIITOS I-PROFIILIIN.....	70
9 VINOSITEEN LIITOS I-PROFIILIIN (SISÄÄNVEDETTY LEVY).....	80
10 YHTEENVETO.....	85
LÄHTEET	86

MERKINNÄT

Luettelo ei sisällä kaikkia merkintöjä. Tässä esittämättömät merkinnät selitetään tekstin yhteydessä.

A	kappaleen poikkipinta-ala
A_{net}	kappaleen nettopoikkipinta-ala
A_s	pultin jännityspoikkipinta-ala
$A_{v,\text{eff}}$	kappaleen tehollinen pinta-ala
a	hitsin a-mitta
α	pistekuorman jakaantumiskulma
β_w	hitsin korrelaatiokerroin
b_i	profiilin leveys
d	pultin halkaisija
d_0	reiän halkaisija
E	kimmokerroin (teräkselle 210 000 N/mm ²)
e_i	pultin reunaetäisyys
$F_{b,Rd}$	liitoslevyjen reunapuristuskestävyys
$F_{v,Rd}$	ruuvien leikkauskestävyys
$F_{w,Ed}$	hitsin pituusyksikköä kohti vaikuttavan voiman mitoitusarvo
$F_{w,Rd}$	hitsin kestävyden mitoitusarvo pituusyksikköä kohti
f_u	rakenneteräksen vetomurtolujuus
$f_{vw,d}$	hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo
f_y	rakenneteräksen myötöraja
h_i	profiilin korkeus

$L_{v,eff}$	tehollinen pituus
L_w	hitsin pituus
p_i	pulttien välinen etäisyys
S_s	kuormitusleveys
t_i	rakenneaineen paksuus
$V_{eff,Rd}$	tehollinen palamurtumiskestävyys

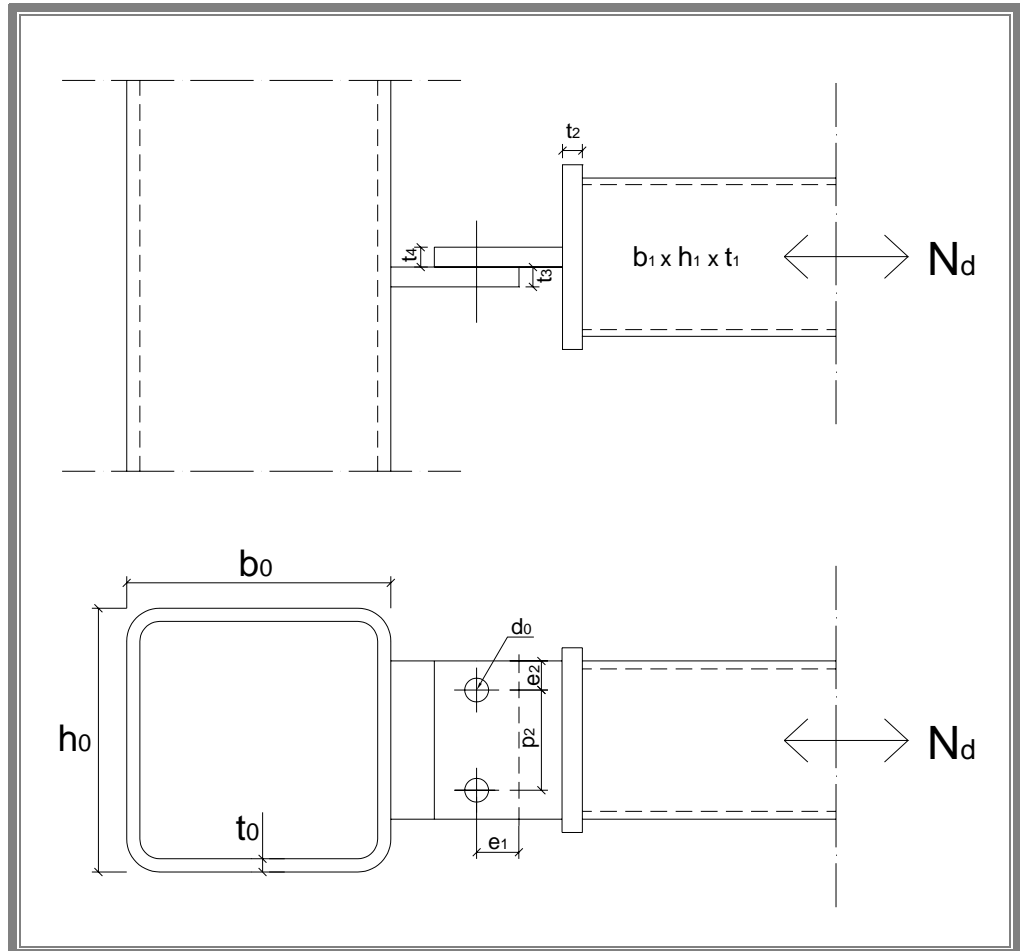
1 JOHDANTO

Aikaisemmin eri Euroopan mailla oli omat kansalliset mitoitusmääräyksensä, jotka olivat paikoin hyvinkin erilaisia. Suunnittelutyö kansainvälistyy koko ajan, joten senkin vuoksi määräysten yhtenäistäminen on tarpeellista. Vuosina 1992 - 1998 julkaistiin Eurokoodin esistandardiversiot (ENV). Vuonna 1998 näitä esistandardeja alettiin muokata varsinaisiksi standardeiksi (EN). Eurokoodien ensimmäinen paketti otettiin käyttöön Suomessa 1.11.2007. Paketissa on 18 eri EN- standardia sekä näiden kansalliset liitteet (NA). Muut eurokoodit otetaan käyttöön, kun ne valmistuvat. Kokonaan eurokoodipohjaiseen mitoitukseen on tarkoitus siirtyä vuonna 2010. /1/

Tämän työn tarkoituksena on selvittää yleisempien sideliitoksien mitoitusperusteet Eurokoodeja käyttämällä. Raportin perusteella on tarkoitus tehdä SS-Teraconin käyttöön mitoitusohjelma. Eurokoodien lisäksi tässä työssä on toisinaan sovellettu myös Eurokoodin esistandardeja sekä SS-Teraconin omia metodeja. Mitoitushjelma tulee olemaan Excel-pohjainen ja ohjelmoinnissa käytetään VBA:ta (Visual Basic for Applications). Ohjelmien päivittäminen on juuri nyt ajankohtaista, koska yrityksellä on vielä omia sisäisiä ohjelmia, jotka perustuvat kansallisiin standardeihin (Suomen Rak.Mk. B7). Mitoitusohjelmaa ei sisällytetä tähän työhön, vaan se tehdään yritykselle erillisenä projektina.

Tämän työn tarkoituksena on myös helpottaa suunnittelijoiden siirtymistä eurokoodi-mitoitukseen. Työ voisi myös toimia ns. käsikirjana sideliitosten mitoitukseen liittyvien asioiden tarkastamista varten.

2 VAAKASITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN

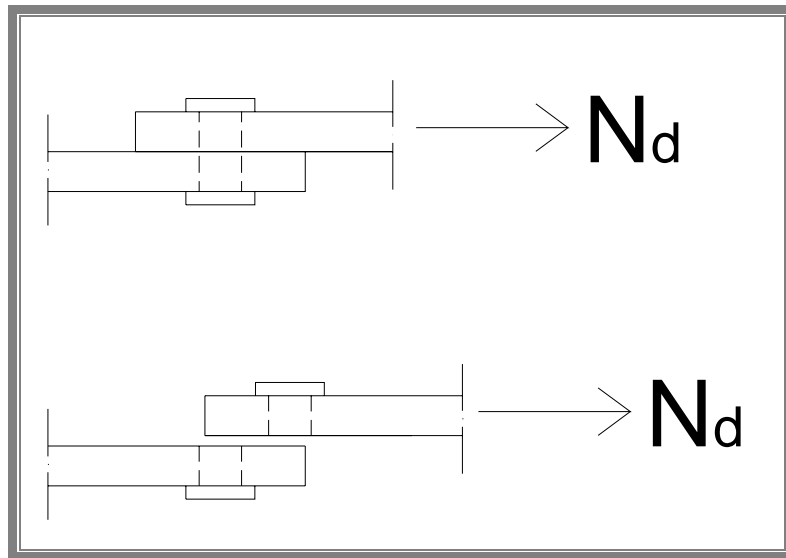


Kuva 1 Vaakasuoran siteen liitos putkiprofiili-pilariin

Lasketaan kuvan 1 mukainen liitos

2.1 Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvien leikkausmurtuminen on esitetty kuvassa 2. Ruuvien leikkauskestävyydestä tarkastelulla pyritään estämään pulttien leikkautuminen liitoksessa vaikuttavan voiman vuoksi.



Kuva 2 Ruuvien leikkausmurtuminen

Lasketaan yhden ruuvien leikkauskestävyys seuraavalla kaavalla /7, s.28/:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \quad (1)$$

, jossa $\alpha_v = 0,6$ lujuusluokilla 4.6, 5.6 ja 8.8

$\alpha_v = 0,5$ lujuusluokilla 4.8, 5.8, 6.8 ja 10.9

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Jos ruuvien kierteet ovat leikkaustasossa $A = A_s$

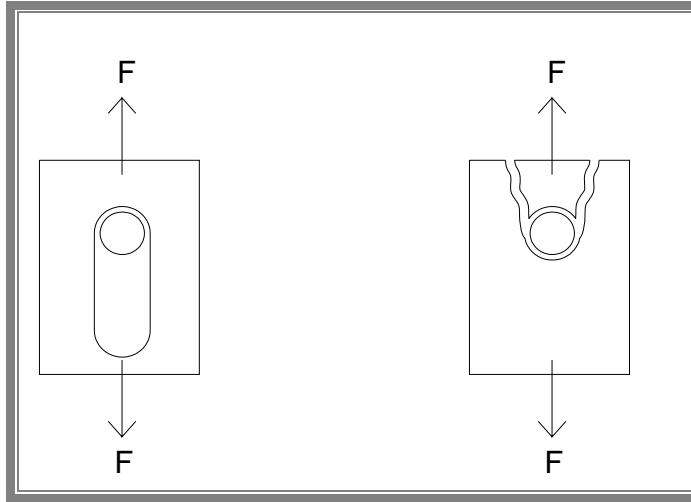
Ruuvien jännityspoikkipinta-ala $A_s \approx 0,78 \cdot A$

f_{ub} = ruuvien vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 1)

γ_{M2} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Liitos on 1-leikkeinen, joten liitoksen ruuvien leikkauskestävyys saadaan: $F_{v,Rd} \cdot$
ruuvien määrä.

2.2 Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys



Kuva 3 Reunapuristus ja reunamurtuminen

Reunapuristusmurto on esitetty kuvassa 3. Levyn reunapuristuskestävyys riippuu reikien sijainnista levyn reunoihin ja toisiinsa nähden. Etäisyyden levyn reunaan (etäisyys e_1 , kuva 1) on oltava riittävän suuri, jotta reunapuristusmurtoa ei tapahtuisi.

Lasketaan levyjen reunapuristuskestävyys seuraavalla kaavalla /7, s.28/:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (2)$$

, jossa k_1 on pienin seuraavista arvoista:

- reunarivin ruuveille: $2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7$; 2,5

- muille kuin pään ruuveille: $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$; 2,5

α on pienin seuraavista arvoista:

$$\alpha_d = \frac{f_{ub}}{f_u} ; \alpha_d = 1,0$$

- levyn pään ruuveille:

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$$

- muille kuin pään ruuveille:

$$\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$$

t = levyn paksuus

d = pultin koko

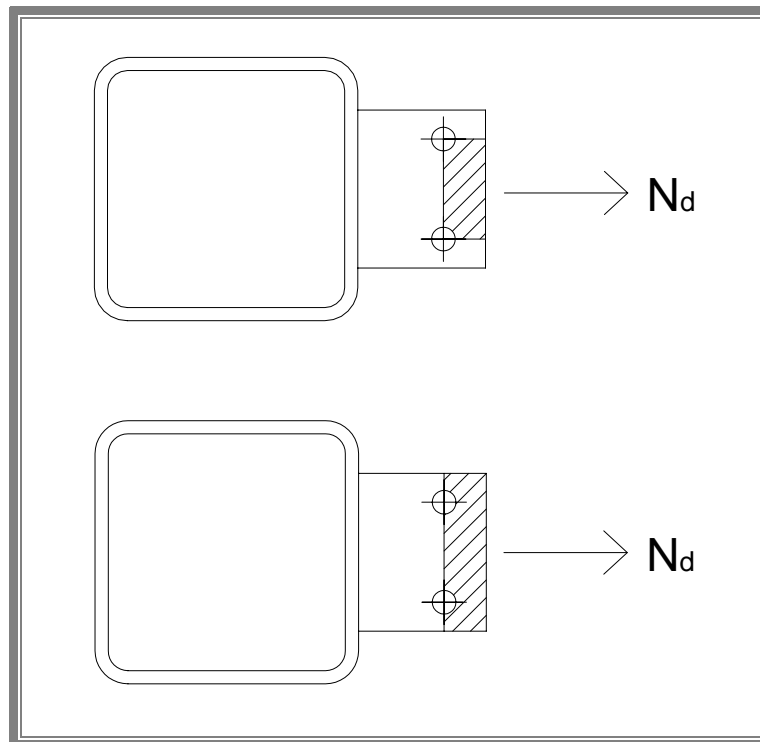
d₀ = reiän koko

f_{ub} = ruuvien vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 1)

f_u = rakenneteräksen vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M2} = Osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

2.3 Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys



Kuva 4 Esimerkkejä palamurrosta

Palamurtuminen tarkoittaa perusaineen leikkausmurtumista leikkauksen rasittamassa pinnassa, johon liittyy perusaineen vetomurtuminen vedon

rasittamassa pinnassa. Palamurtuminen tapahtuu ruuvien keskilinjoja pitkin /7, s. 34/. Palamurtuminen on esitetty kuvassa 4.

Kun symmetriseen ruuviryhmään kohdistuu keskeinen kuorma, lasketaan palamurtumiskestävyys seuraavasti: /7, s. 34/

$$V_{eff,1,Rd} = f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0} \quad (3)$$

Kun ruuviryhmään kohdistuu epäkeskeinen kuorma, lasketaan palamurtumiskestävyys seuraavasti: /7, s.34/

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 \cdot f_u \cdot A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) \cdot f_y \cdot A_{nv} / \gamma_{M0} \quad (4)$$

, joissa

f_u = vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

A_{nt} = vedon rasittama nettopinta-ala

γ_{M2}/γ_{M0} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

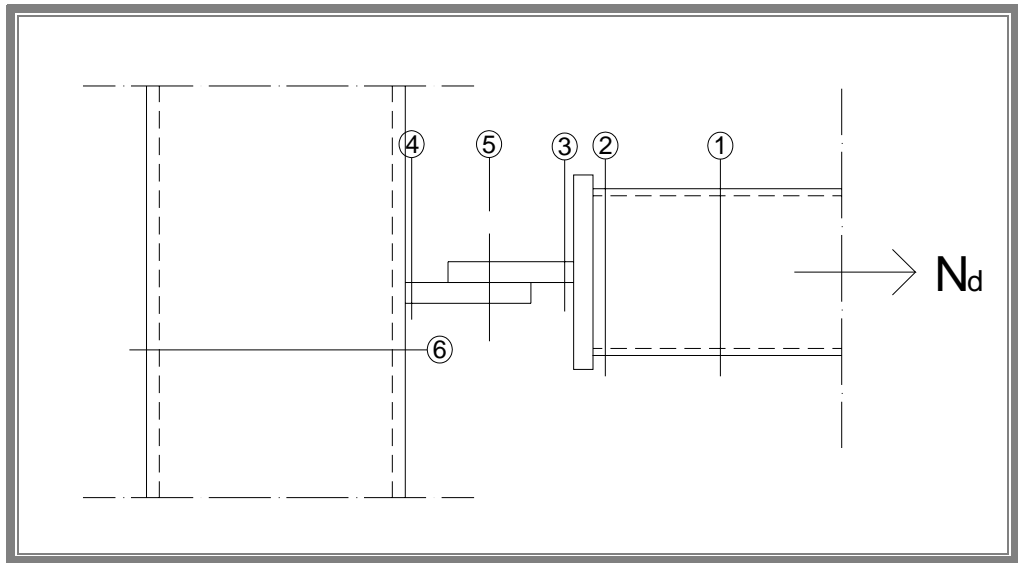
f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

A_{nv} = leikkauksen rasittama nettopinta-ala

2.4 Perusaineen kestävyys

Perusaineen kestävyystarkastelussa varmistetaan, että valittu poikkileikkaus itsessään kestää liitoksessa vaikuttavan voiman. Perusaineen kestävyys tarkastellaan liitoksen jokaisessa erilaisessa pisteessä.

Tutkitaan perusaineen kestävyys kuvan 5 mukaisissa kohdissa.



Kuva 5 Perusaineen kestävyden laskentapisteet

2.4.1 Siteen putki

(Katso kuva 5 kohta 1)

Tässä kohdassa tarkastellaan siteen putkiprofiili - poikkileikkauksen kestävyyttä vedolle. Tarkastelussa varmistetaan, että siteen poikkileikkauksen koko on riittävä.

Siteen putken perusaineen kestävyys lasketaan seuraavalla kaavalla /5, s. 52/:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \geq F_d \quad (5)$$

A = poikkileikkauksen pinta-ala (Koko pinta-ala toimii tehollisena.

Poikkileikkausluokan 4 profiileita ei yleensä käytetä, joten niihin liittyviä tehollisia pinta-aloja ei tässä yhteydessä käsitellä.)

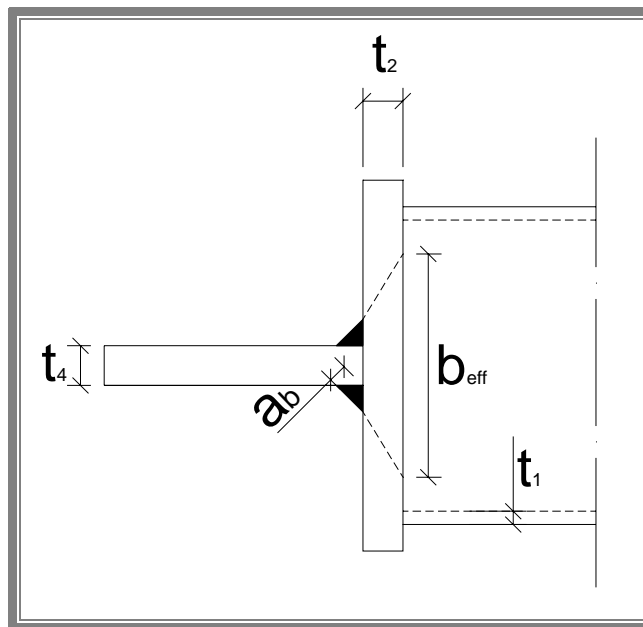
f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M0} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

2.4.2 Siteen laipat

(Katso kuva 5 kohta 2) /7, s. 79 - 81/

Tässä kohdassa tarkastellaan siteen laippojen kestävyyttä aivan siteen päässä. Tarkastellaan, kuinka kuormat jakaantuvat siteen päätylevyissä liitoslevyn vaikutuksesta. Tässä laskennassa sovelletaan SFS-EN 1993-1-8-standardia SFS-EN 1993-1-5:n sijaan, koska näin laskenta yksinkertaistuu ja tulos on varmalla puolella. Laskennassa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6 Kuorman jakautuminen siteen päätylevyissä ja laskennan mitat

Kuormituksen tehollinen pituus saadaan seuraavasta kaavasta:

$$b_{eff} = t_4 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_b + 5 \cdot (t_2 + s) \quad (6)$$

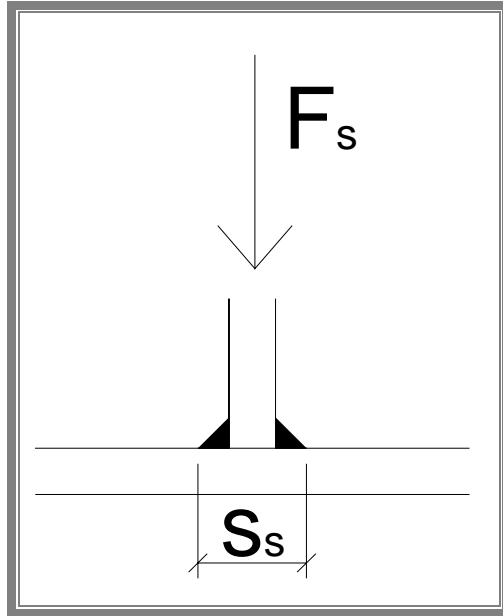
, jossa

$$s = 0$$

$$t_4 + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_b = s_s \quad (\text{ks. kuva 7})$$

Näin kaava 6 muuttuu muotoon:

$$b_{eff} = s_s + 5 \cdot t_2 \quad (7)$$



Kuva 7 Kuormitusleveys S_s /6, s.29/

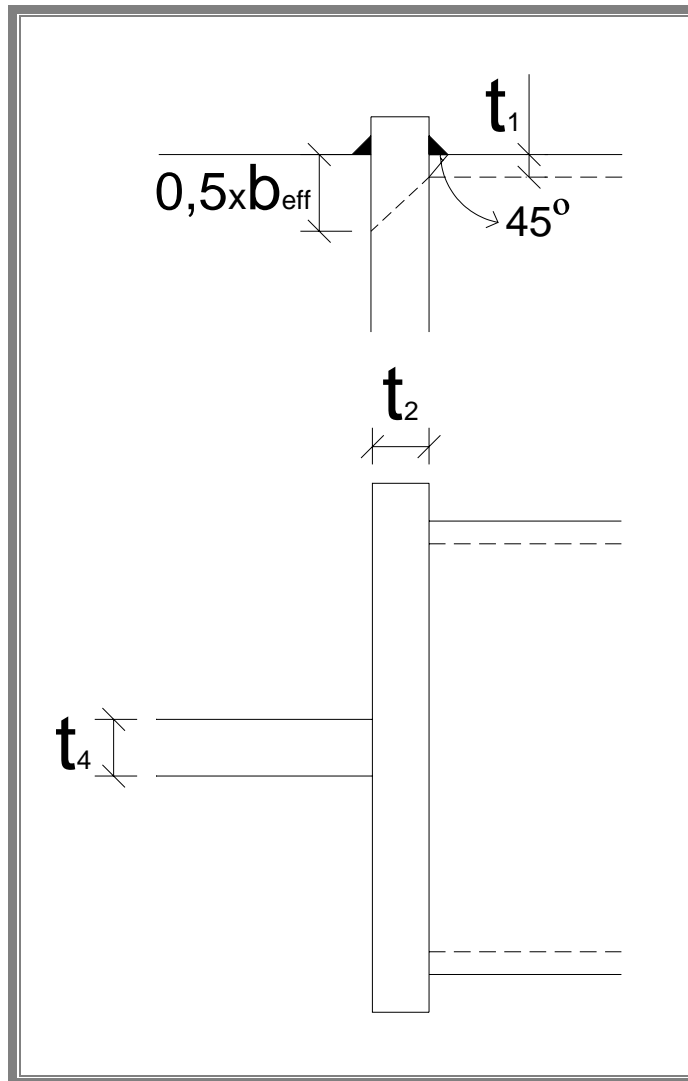
Siteen kestävyys kohdassa 2 saadaan seuraavasta kaavasta:

$$N_{Rd} = 2 \cdot b_{eff} \cdot t_1 \cdot f_{y1} \geq F_d \quad (8)$$

2.4.3 Liitoslevyn juuri siteessä

(Katso kuva 5 kohta 3)

Tässä kohdassa tarkastellaan liitoslevyn kestävyyttä aivan liitoskohdan vieressä, jossa liitoslevy liittyy siteen päätylevyyyn. Tällä kertaa tehollisen pituuden oletetaan olevan levyn molemmissa reunoissa. Kuvassa 8 on esitetty toisen reunan tehollinen pituus.



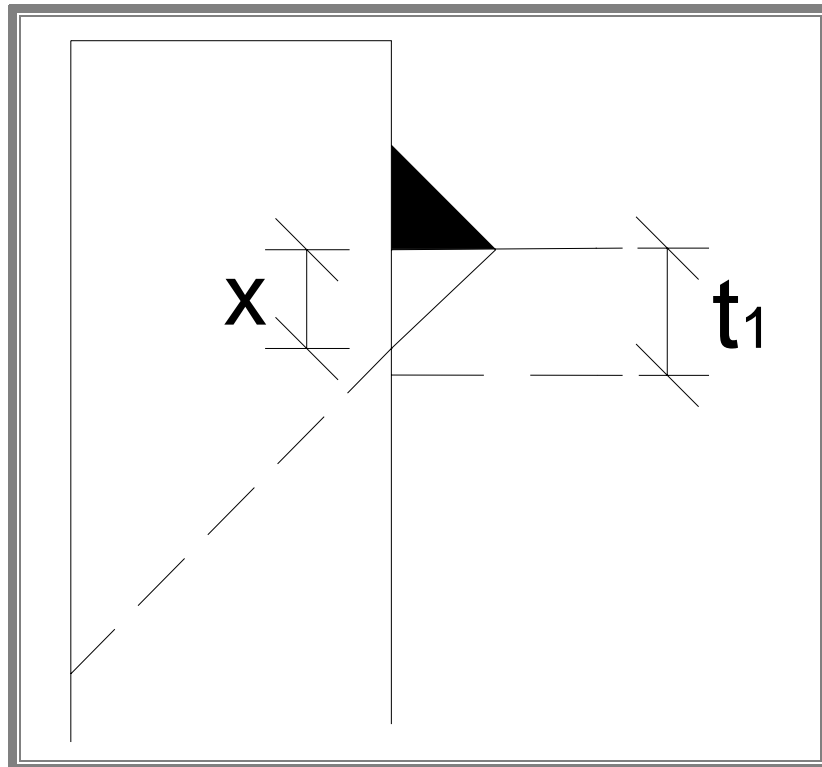
Kuva 8 Laskennassa käytettävät mitat

Kuormituksen tehollinen pituus saadaan kaavasta: /7, s. 79 - 81/

$$b_{eff} = 5 \cdot t_2 + x \quad (9)$$

, jossa

x = pystysuora matka hitsin reunasta 45° :n kulmassa kohti seinämän reunaa (ks. kuva 9) , kuitenkin niin, että $x \leq t_1$.



Kuva 9 Mitta x

Perusaineen kestävyys kohdassa 3 lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$N_{Rd} = b_{eff} \cdot t_4 \cdot f_{y4} \geq F_d \quad (10)$$

Laskennassa käytettävät mitat on esitetty kuvassa 8.

2.4.4 Liitoslevyn juuri pilarissa

(Katso kuva 5 kohta 4)

Tässä työssä liitoslevyn juuri pilarissa tarkastellaan luvussa 2.4.6 Pilarin kestävyys, koska Eurokoodi 1993-1-8:sta löytyy tähän tarkasteluun selkeät

kaavat pilarin tarkastelun yhteydestä. Tarkastelussa huomioidaan uumasauvan murtuminen, paarteen sivun murtuminen ja lävistysleikkautuminen.

2.4.5 Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 5 kohta 5)

Liitoslevyjä tarkasteltaessa tulisi huomioida myös levyjen nurjahdus puristettaessa. Nurjahdus voi tapahtua pitkällä ja ohuilla levyillä. Käytännössä käytettävät levyt ovat niin lyhyitä tai paksuja, ettei nurjadhusta pääse tapahtumaan, joten sitä ei tässä työssä huomioida. /2/

Liitoslevyn perusaineen kestävyyttä tarkasteltaessa on perusaineen kestävyys laskettava ehjän levyn kohdalla ja reikien kohdalla. Kaavalla 11 tarkastellaan levyn kestävyys ehjän levyn kohdalla ja kaavalla 12 reikien kohdalla.

Poikkileikkauksen kestävyys $N_{t,Rd}$ on pienin seuraavista arvoista /5, s. 52/:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (11)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (12)$$

, jossa $A_{net} = (b - n \cdot d_0) \cdot t_4$

b = levyn leveys leikkaustasossa (ks. kuva 10)

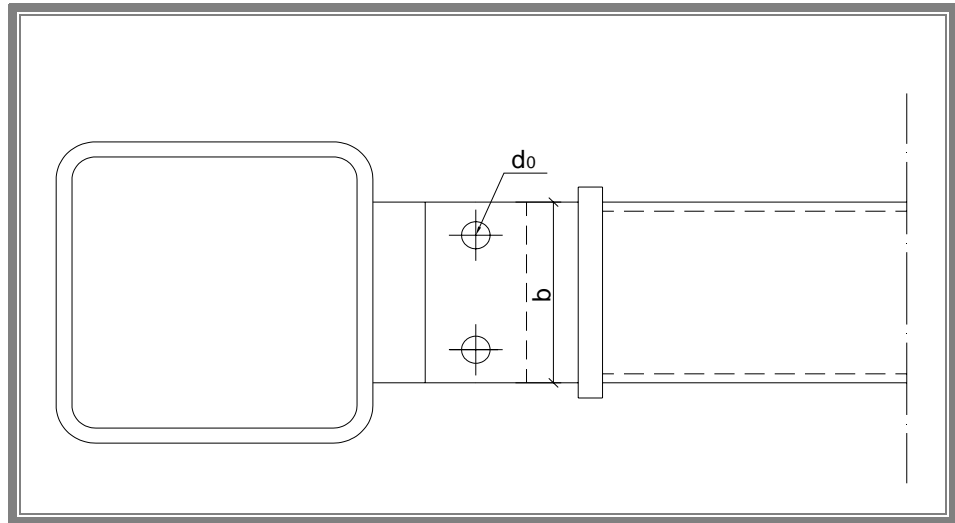
n = reikien lukumäärä leikkaustasossa

d_0 = reiän koko

t_4 = liitoslevyn paksuus

f_u = vetomurtolujuus ja f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

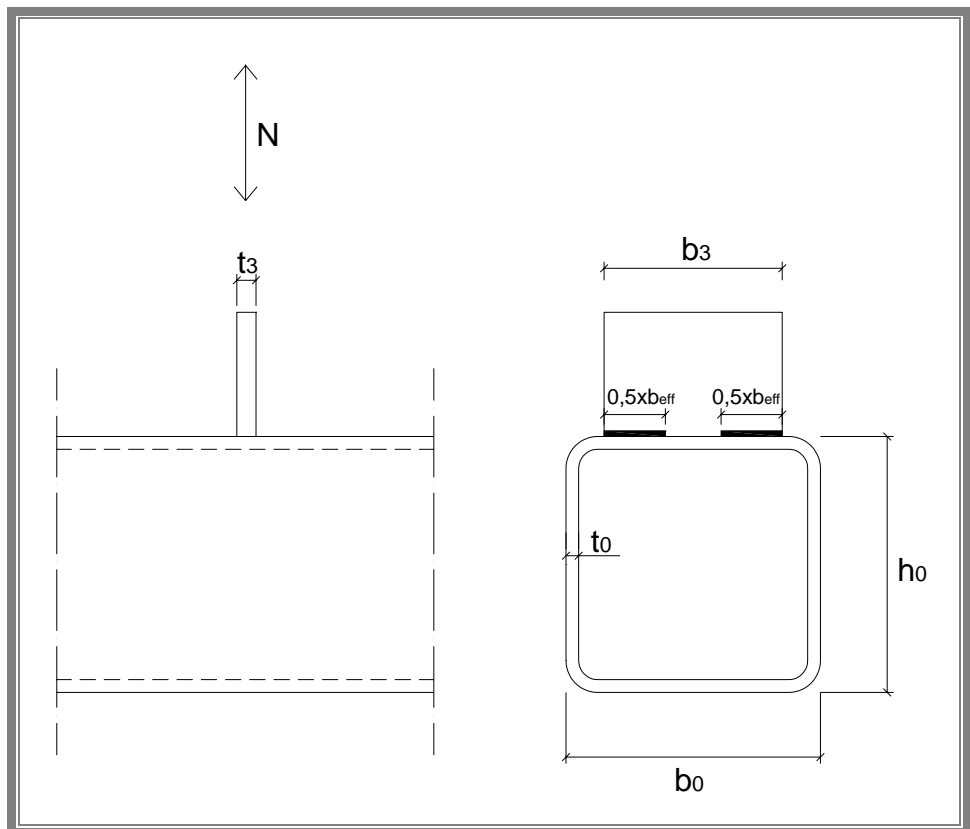
γ_{M0}/γ_{M2} = Osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)



Kuva 10 Mitan b havainnollistaminen

2.4.6 Pilarin kestävyys

(Katso kuva 5 kohta 6)



Kuva 11 Pilarin kestävyden laskennassa käytettävät merkinnät

Uumasauvan murtuminen /7, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y3} \cdot t_3 \cdot b_{eff}}{\gamma_{M5}} \geq N \quad (13)$$

, jossa $b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y3} \cdot t_3} \cdot b_1$, mutta $b_{eff} \leq b_3$

Kaavoissa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 11.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Paarteen sivun murtuminen, kun $b_3 \geq b_0 - 2t_0$ /7, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0 (2t_3 + 10t_0)}{\gamma_{M5}} \geq N \quad (14)$$

Kaavassa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 11.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Lävistysleikkautuminen, kun $b_3 \leq b_0 - 2t_0$ /7, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0 (2t_3 + 2b_{e,p})}{\sqrt{3} \gamma_{M5}} \geq N \quad (15)$$

, jossa $b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_3$, mutta $b_{e,p} \leq b_3$

Kaavoissa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 11.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

2.5 Hitsien kestävyys

Hitsit voidaan määrittää yksinkertaisen menetelmän tai komponenttimenetelmän mukaan. Yksinkertaisessa menetelmässä pätevät seuraavat ehdot /7, s. 47/:

- Pienahitsin kestävyys voidaan olettaa riittäväksi, jos hitsiin kohdistuva kaikkien voimien resultantti yksikköpituutta kohti koko hitsin pituudella täyttää ehdon: $F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$

, jossa

- $F_{w,Ed}$ = hitsin pituusyksikköä kohti vaikuttavan voiman mitoitusarvo
- $F_{w,Rd}$ = hitsin kestävyuden mitoitusarvo pituusyksikköä kohti
- $F_{w,Rd}$ lasketaan kaavasta (16) riippumatta hitsin laskentapoikkipinnan suunnasta

- $F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$ (16) , jossa $f_{vw,d}$ = hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo

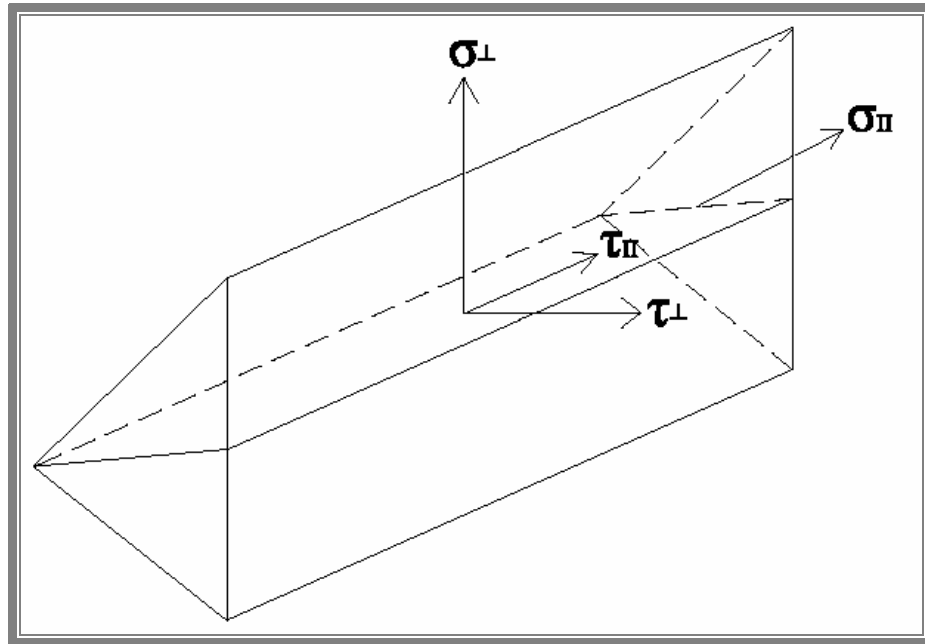
- Hitsin leikkauslujuuden mitoitusarvo $f_{vw,d}$ lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (17)$$

f_u = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuuden nimellisarvo (ks. liite 1 taulukko 2)

β_w = korrelaatiokerroin (ks. liite 1 taulukko 4)

Tässä työssä käytetään hitsien mitoituksessa komponenttimenetelmää. Tässä menetelmässä hitsin yksikköpituuden siirtämät voimat jaetaan pituussuuntaisen akselin suhteen yhdensuuntaisiin ja sitä vastaan kohtisuoriin komponentteihin sekä hitsin laskentapinnan suuntaisiin ja sitä vastaan kohtisuoriin komponentteihin. /7, s. 45/



Kuva 12 Pienahitsin laskentapoikkipinnan jännitykset

Komponenttimenetelmällä on olemassa seuraavat säännöt: /7, s. 46/

- Hitsin pinta-alan mitoitusarvo on $A_w = \sum a l_{eff}$.
- A_w :n oletetaan sijaitsevan hitsin juuressa.
- Jännitysten oletetaan jakaantuvan tasan hitsin laskentapoikkipinnalla.

Normaalijännitykset ja leikkausjännitykset ovat kuvan 12 mukaiset.

- σ_{\perp} = laskentapintaa vastaan kohtisuora normaalijännitys
- σ_{\parallel} = hitsin akselin suuntainen normaalijännitys
- τ_{\perp} = hitsin akselia vastaan kohtisuora leikkausjännitys (laskentapinnan tasossa)
- τ_{\parallel} = hitsin akselin suuntainen leikkausjännitys (laskentapinnan tasossa)
- Hitsin akselin suuntaista normaalijännitystä σ_{\parallel} ei käsitellä, kun lasketaan hitsin kestävyyttä.
- Pienahitsin kestävyys on riittävä, kun molemmat seuraavista ehdoista ovat voimassa:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad \text{ja} \quad \sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2} \quad (18)$$

, jossa

f_u = heikomman liitettävän osan vetomurtolujuuden nimellisarvo (ks. liite 1 taulukko 2)

β_w = korrelaatiokerroin (ks. liite 1 taulukko 4)

γ_{M2} = osavarmuuskerroin (ks. liite 1 taulukko 3)

- Hitsattaessa kahta eri lujuusluokan terästä käytetään hitsien mitoituksessa heikomman lujuusluokan arvoja.

Liitoslevyn hitsaus pilariin

Lasketaan kuvan 13 mukainen kaksoispiena-hitsausliitos.

Kaksoispienahitsi voidaan mitoittaa liitettävän osan jännitysten perusteella. Kun levyssä vaikuttaa poikittainen jännitys σ_z ja leikkausjännitys τ_{yz} , saadaan vaaditulle a-mitalle seuraava kaava /8, s. 45/:

$$a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_z^2 + 3 \cdot \tau_{yz}^2} \quad (19)$$

, jossa

β_w = pienahitsin korrelaatiokerroin (ks. liite 1 taulukko 4)

$\gamma_{Mw} = \gamma_{M2}$ (ks. liite 1 taulukko 4)

t = levyn paksuus

f_u = vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

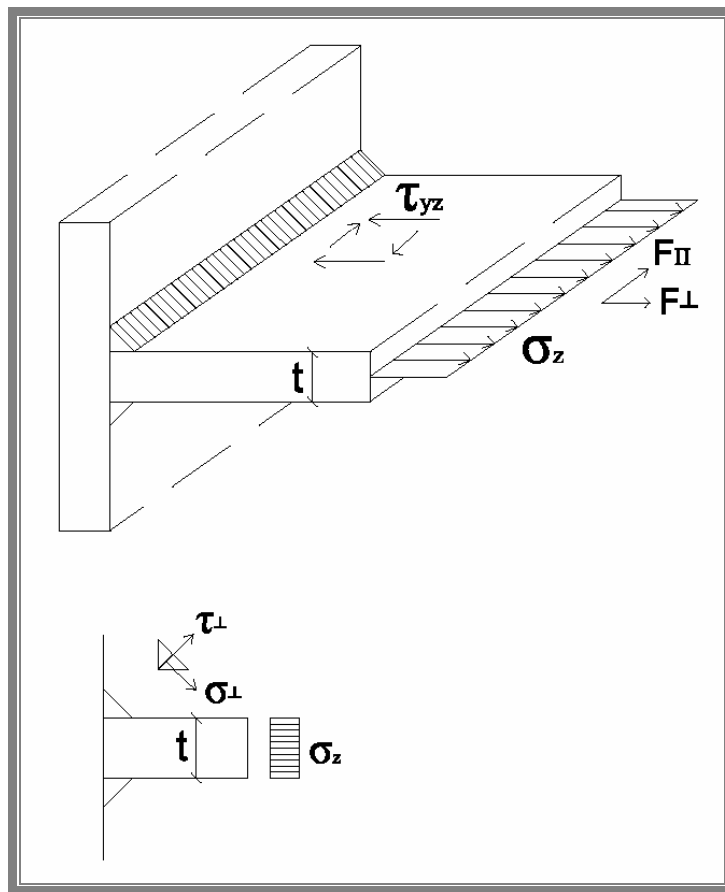
Kaavoissa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 13.

Kun kaavaan 19 sijoitetaan $\sigma_z = \frac{f_u}{\gamma_{Mw}}$ ja $\tau_{yz} = 0$, saadaan tasalujalle liitokselle

ilmoitetut a/t suhteet (ks. liite 1 taulukko 5). Kun kaavaan 19 vastaavasti

sijoitetaan $\sigma_z = 0,8 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$, saadaan muodonmuutoskyvyn edellyttämät $(a/t)_{\min}$

minimisuhteet. (ks. liite 1 taulukko 5)



Kuva 13 Kaavoissa 19 ja 20 käytettävät merkinnät /8/

Tässä tapauksessa kaava 19 voidaan supistaa muotoon:

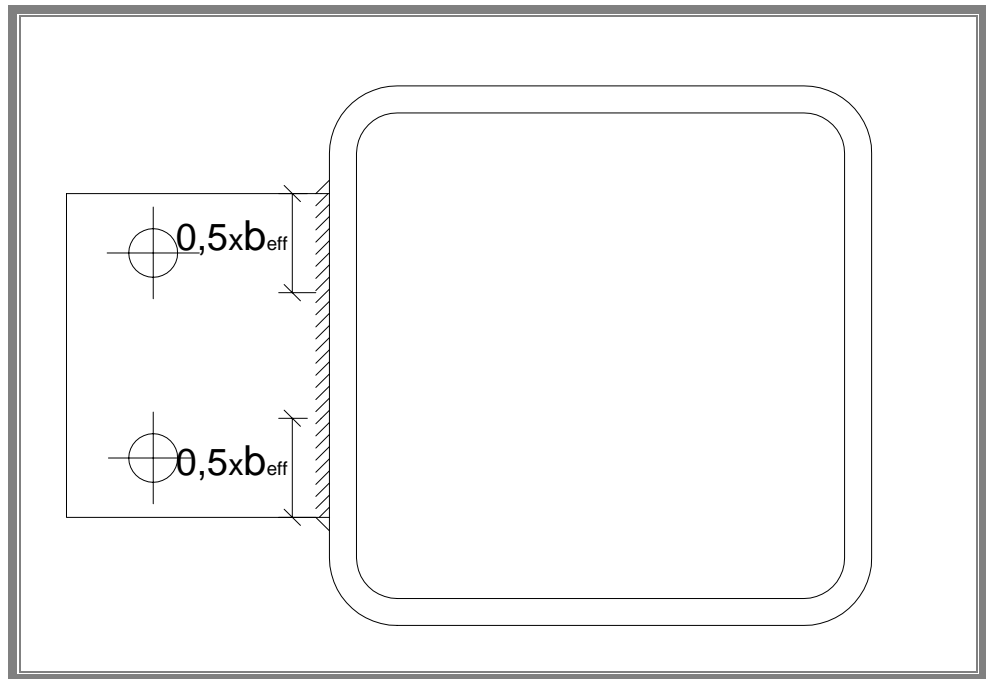
$$a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_z^2} \quad (20)$$

, jossa

$$\sigma_z = \frac{F_d}{t \cdot h_{eff}}$$

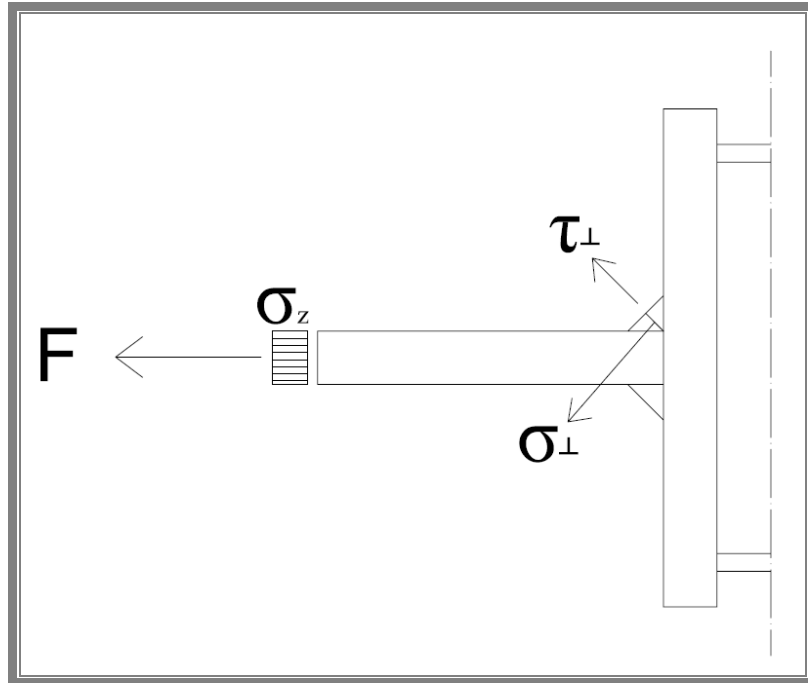
$\gamma_{Mw} = \gamma_{M2}$ (ks. liite 1 taulukko 3)

$h_{eff} = b_{eff}$ (ks. kuva 14), lasketaan kaavalla 13 kuvan 11 merkintöjä käyttäen.



Kuva 14 Hitsin tehollinen pituus

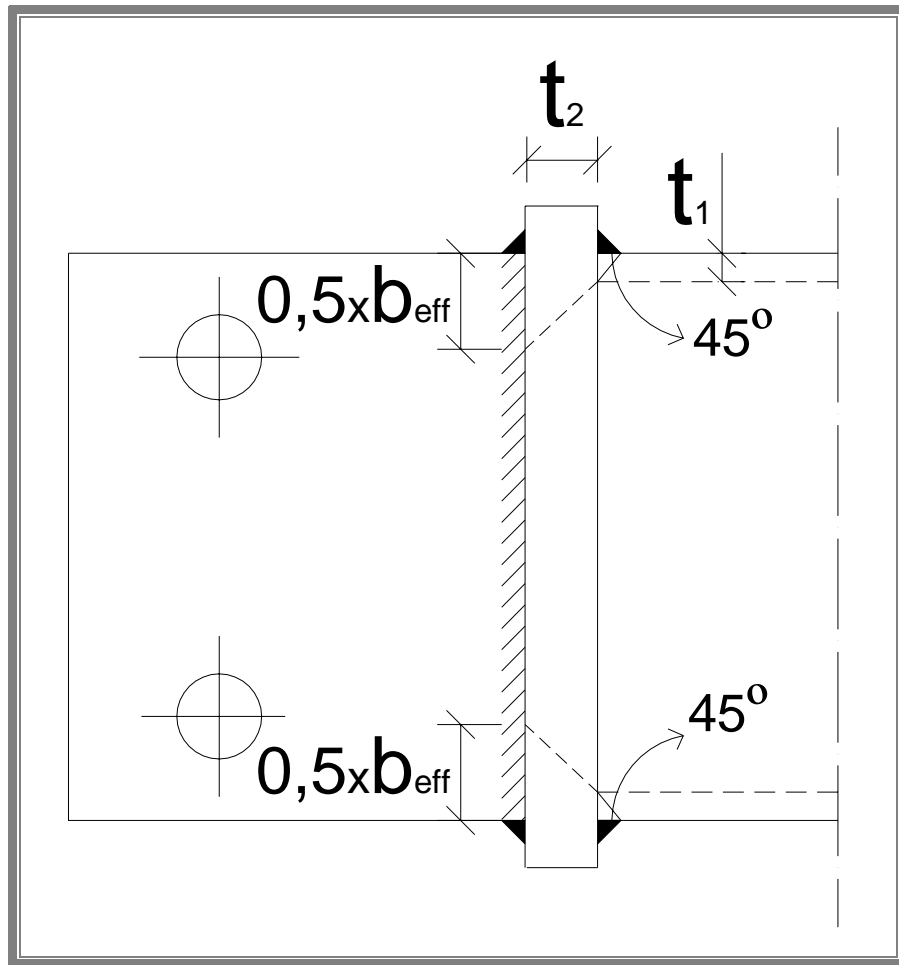
Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn



Kuva 15 Liitoslevyn hitsi siteen päätylevyyn

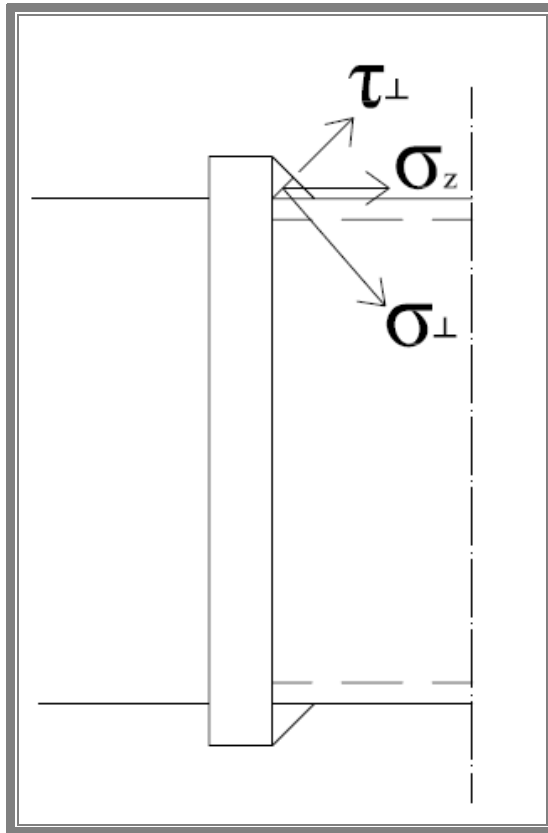
Kuvan 15 mukainen liitos lasketaan kuten edellä, eli kaavalla 20.

Hitsin tehollinen pituus $h_{\text{eff}} = be_{\text{eff}}$ (ks. kuva 16) lasketaan kaavalla 9.



Kuva 16 Hitsin tehollinen pituus

Päätylevyn hitsaus siteeseen

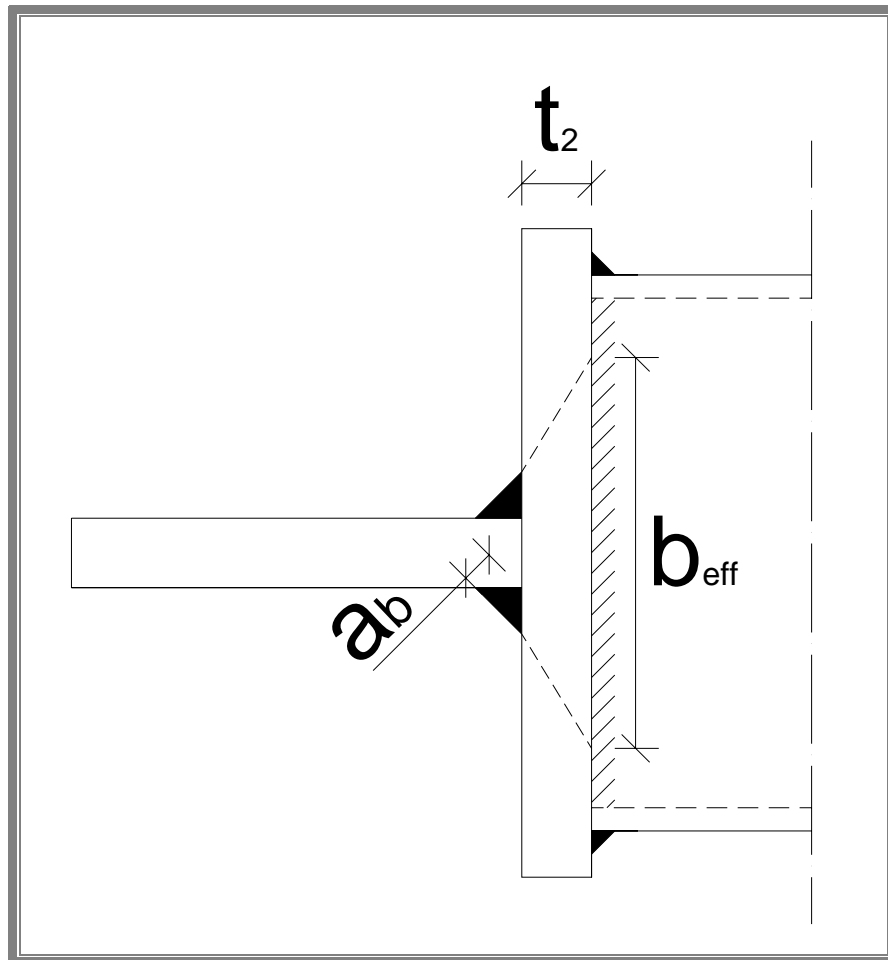


Kuva 17 Päätylevyn hitsi siteeseen

Lasketaan kuvan 17 mukainen hitsausliitos.

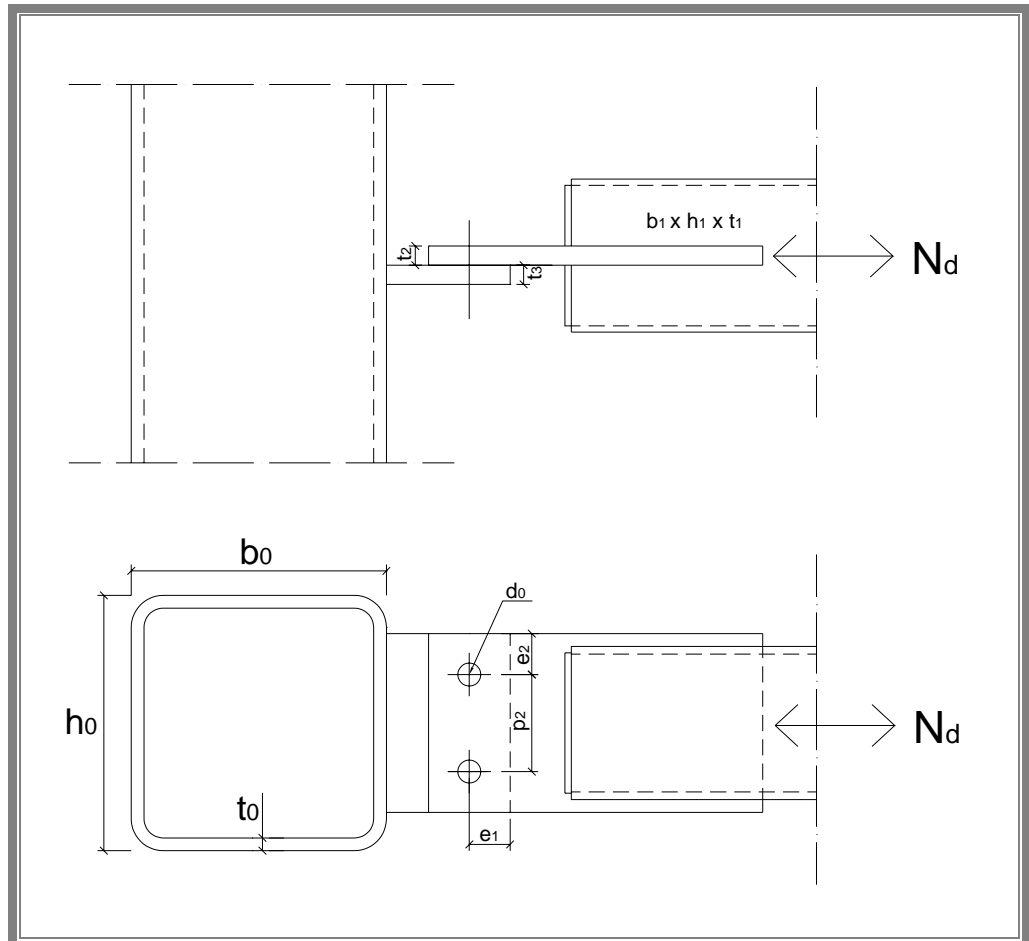
Liitos voidaan laskea myös kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$ (ks. kuva 18) ja se lasketaan kaavalla 7.



Kuva 18 Hitsin tehollinen pituus

3 VAAKASITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN (SISÄÄNVEDETTY LEVY)



Kuva 19 Vaakasuoran, sisäänvedetyllä levyllä varustetun siteen liitos putkiprofiiliin

Lasketaan kuvan 19 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjien palamurtumiskestävyys
- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen putki loveuksen kohdalla
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla

- Pilarin kestävyys
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys lasketaan samalla tavalla kuin luvussa 2, eli kaavalla 1.

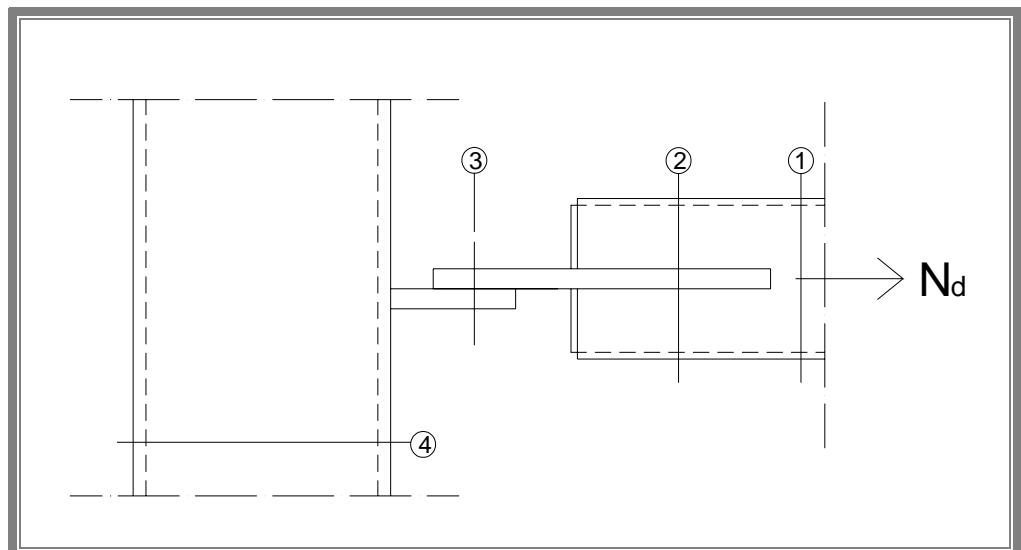
Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

Reunapuristuskestävyys lasketaan myös luvun 2 tavoin, eli kaavalla 2.

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys lasketaan luvun 2 mukaan kaavalla 3 tai 4.

Perusaineen kestävyys



Kuva 20 Perusaineen kestävyden laskentapisteet

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 20 mukaisissa kohdissa.

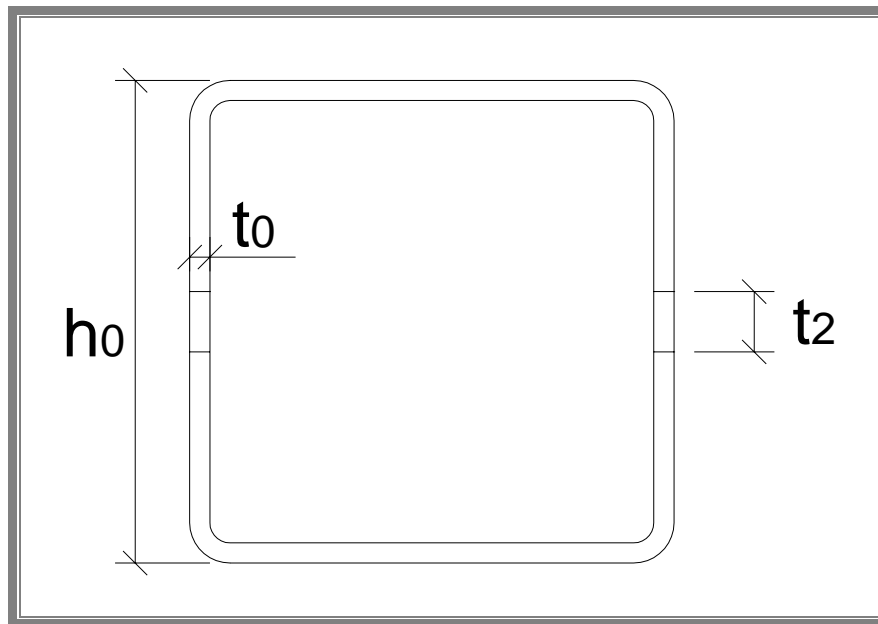
Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 20 kohta 1)

Lasketaan samoin kuin luvussa 2, kaavalla 5.

Perusaineen kestävyys: Siteen putki loveuksen kohdalla

(Katso kuva 20 kohta 2)



Kuva 21 Siteen putken loveuksen mitat

SS-Teracon Oy:n tulkinnan mukaan perusaineen kestävyys kohdassa 2 lasketaan seuraavasti: /2; 5, s. 52/

$$\left. \begin{aligned} N_{pl,Rd} &= \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} &= \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \end{aligned} \right] \min \quad (21)$$

, jossa

$$A_{net} = A - (2 \cdot t_0 \cdot t_2)$$

mitat on esitetty kuvassa 21

f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M0}/γ_{M2} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

f_u = vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 20 kohta 3)

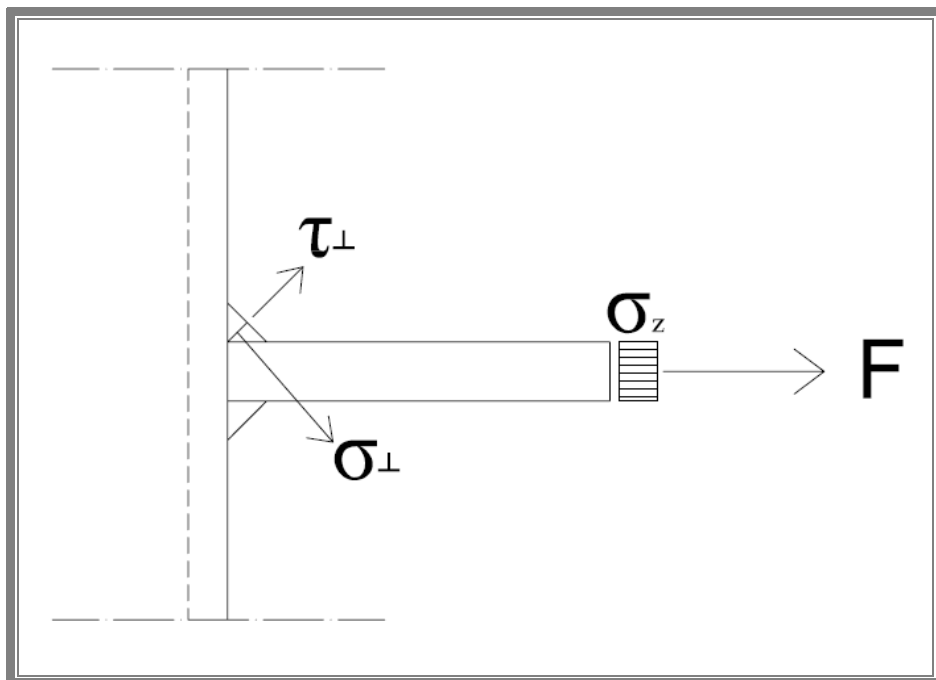
Liitoslevyn kestävyys lasketaan luvun 2 mukaan kaavoilla 11 ja 12.

Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys

(Katso kuva 20 kohta 4)

Lasketaan kuten luvussa 2, kohdassa 2.4.6 Pilarin kestävyys kaavoilla 13-15.

Hitsien kestävyys



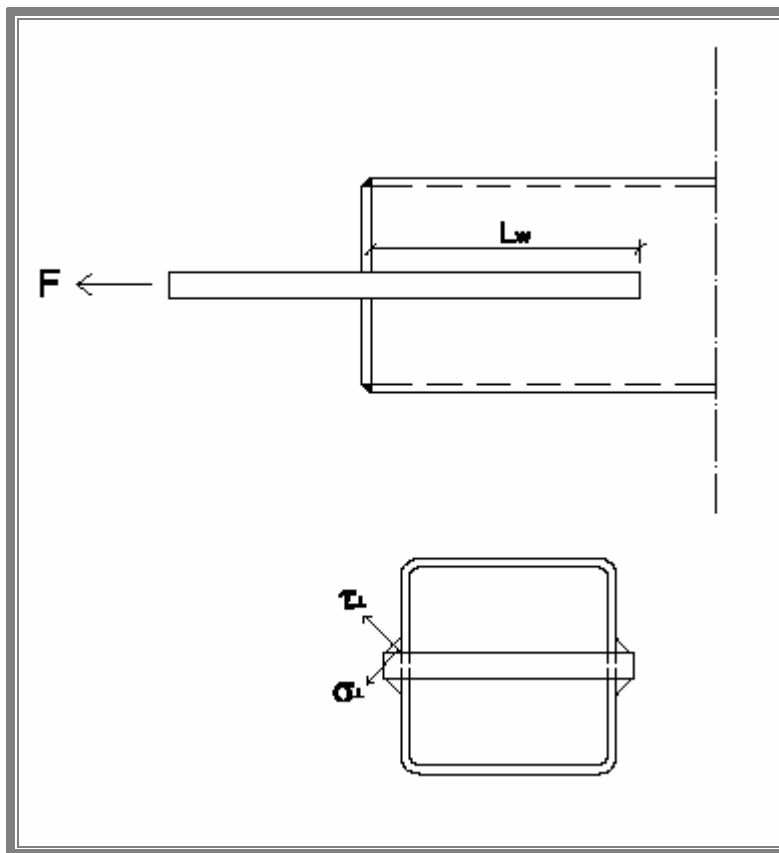
Kuva 22 Liitoslevyn hitsi pilariin

Liitoslevyn hitsaus pilariin

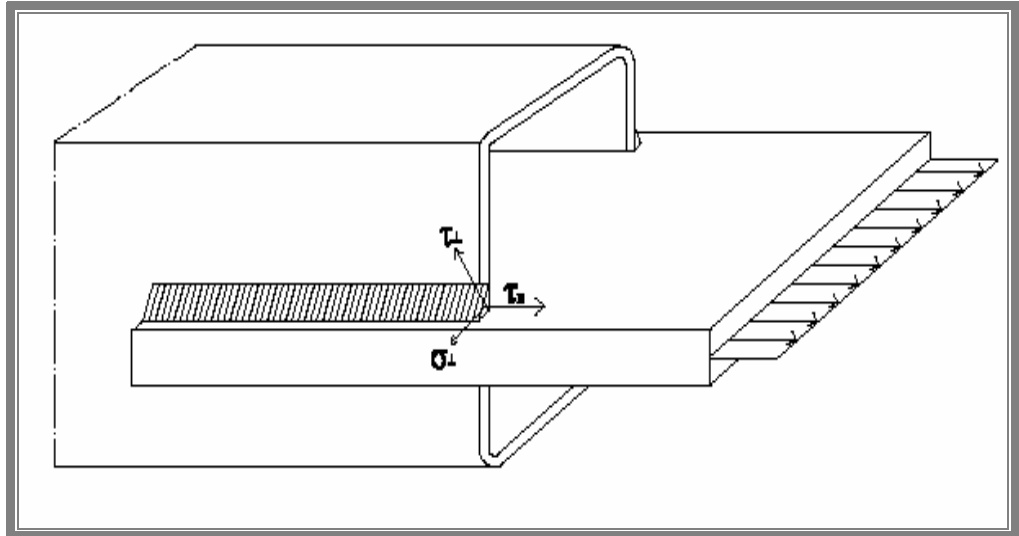
Lasketaan kuvan 22 mukainen hitsausliitos. Liitos lasketaan luvun 2 mukaan kaavalla 20.

b_{eff} lasketaan kuten luvussa 2 kaavalla 13.

Liitoslevyn hitsaus siteeseen /8, s. 44/



Kuva 23 Hitsiliitoksen merkinnät



Kuva 24 Hitsiliitoksen merkinnät 3D-kuvassa

Lasketaan kuvien 23 ja 24 mukainen kylkipiena-hitsausliitos. Liitoksen jännityskomponenteille saadaan seuraavanlaiset lausekkeet:

$$\sigma_{\perp} = 0 \quad \tau_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_d}{4 \cdot a \cdot L_w}$$

Käytetään tässä laskennassa kaavaa 20, josta saadaan em. ehtojen avulla seuraavanlainen muoto:

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} \rightarrow \frac{\sqrt{3} \cdot F_d}{4 \cdot a \cdot L_w} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{Mw}} \quad (22)$$

Lausekkeesta saadaan a-mitalle seuraava kaava:

$$a \geq \frac{\sqrt{3} \cdot F_d \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}}{4 \cdot f_u \cdot L_w} \quad (23)$$

, jossa

β_w = korrelaatiokerroin (ks. liite 1 taulukko 4)

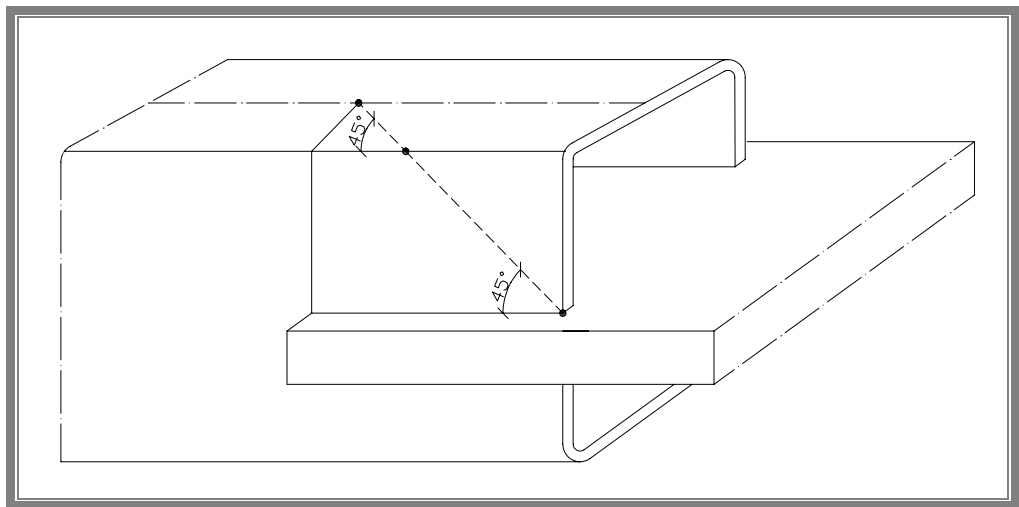
$\gamma_{Mw} = \gamma_{M2} =$ osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

$f_u =$ vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

$L_w =$ hitsin pituus (ks. kuva 23)

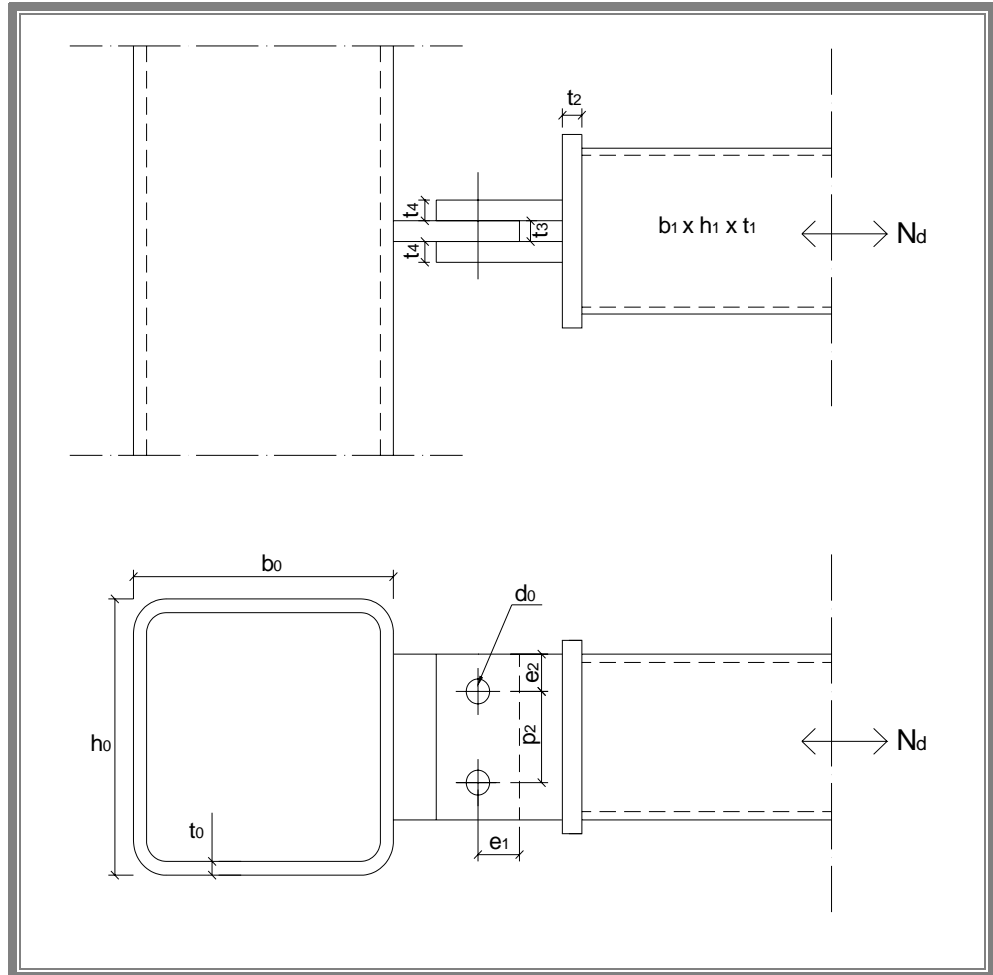
Hitsin pituus on siis sama kuin levyn sisäänvedetyn osan pituus. Tämän pituuden riittävyys voidaan karkeasti arvioida kuvan 25 mukaan. Tässä menetelmässä siteen reunasta vedetään viiva 45°:n kulmassa kohti siteen yläreunaa. Kun yläreuna saavutetaan, jatketaan 45°:n kulmassa kohti siteen keskilinjaa. Saavutetusta keskilinjan pisteestä vedetään viiva suoraan kohti siteen reunaa. Saavutetun pisteen ja alkupisteen välinen etäisyys on sisäänvedetyn osan pituus ja siten myös hitsin pituus L_w . Tätä menetelmää tulisi

käyttää, kun: $N_d \geq \frac{1}{2} \cdot N_{pl,Rd} / 2/$



Kuva 25 Levyn sisäänvedetyn osan pituuden määrittäminen

4 VAAKASITEEN 2-LEIKKEINEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN



Kuva 26 Vaakasuoran siteen 2-leikkeinen liitos putkiprofiili-pilariin

Lasketaan kuvan 26 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys
- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen laipat
 - o Liitoslevyjen juuri siteessä
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla

- Pilarin kestävyys
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys saadaan samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavassa 1. Tässä tapauksessa liitos on 2-leikkeinen, joten liitoksen ruuvien leikkauskestävyys saadaan: $2 \cdot F_{v,Rd}$ · ruuvien määrä.

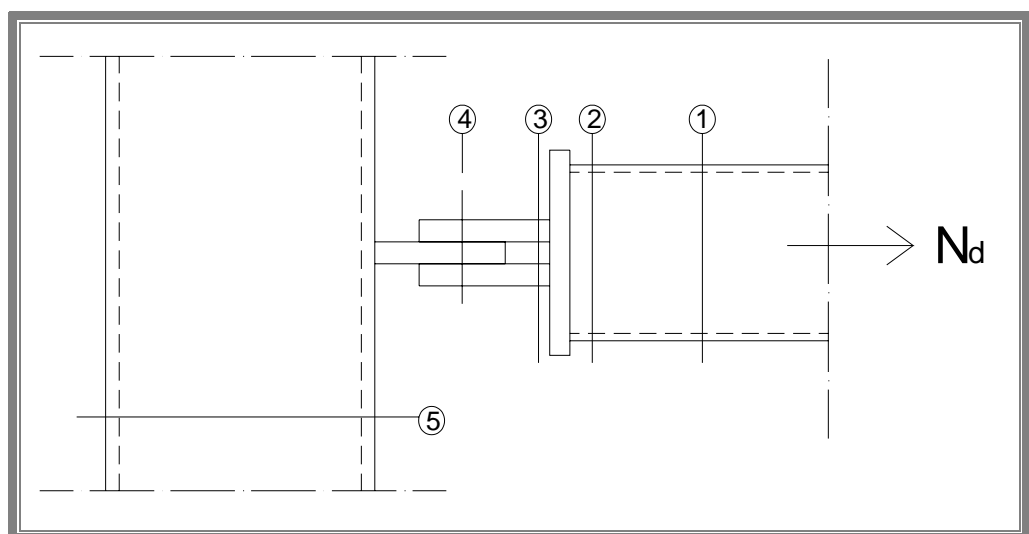
Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys lasketaan samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavassa 2.

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys lasketaan myös luvun 2 tavoin, kaavalla 3 tai 4. Tässä tapauksessa pitää tarkastella sekä pilaariin liittyvän levyn (levy 3) että siteeseen liittyvän levyn (levy 4) palamurtumiskestävyys, koska yleensä levyt ovat eripaksuisia.

Perusaineen kestävyys



Kuva 27 Perusaineen kestävyyslaskentapisteet

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 27 määäämissä kohdissa.

Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 27 kohta 1)

Putken perusaineen kestävyys lasketaan samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavalla 5.

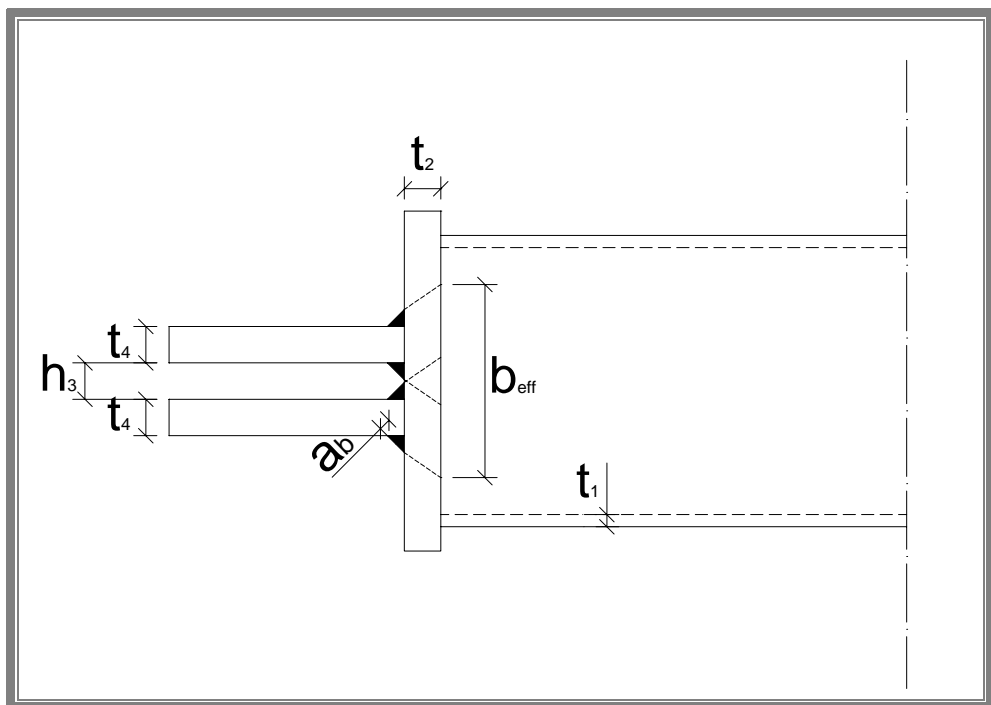
Perusaineen kestävyys: Siteen laipat

(Katso kuva 27 kohta 2)

Tehollinen pituus b_{eff} lasketaan luvun 2 kaavalla 7, jossa:

$$s_s = 2 \cdot (t_4 + \sqrt{2} \cdot a_b) + h_3 \quad (24)$$

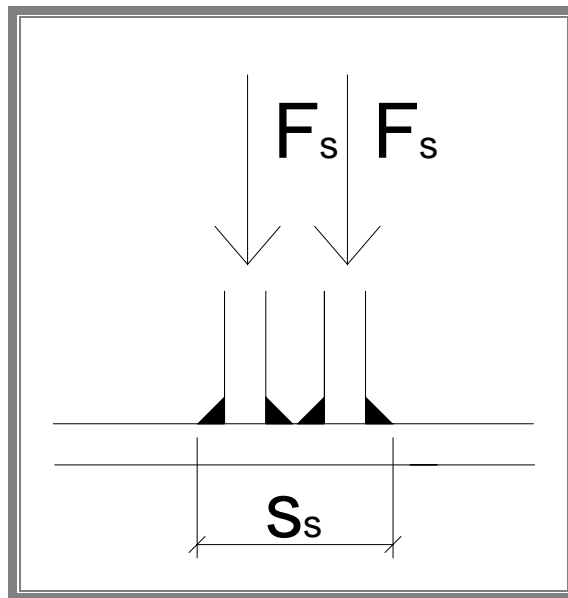
Käytetyt merkinnät on esitetty kuvassa 28.



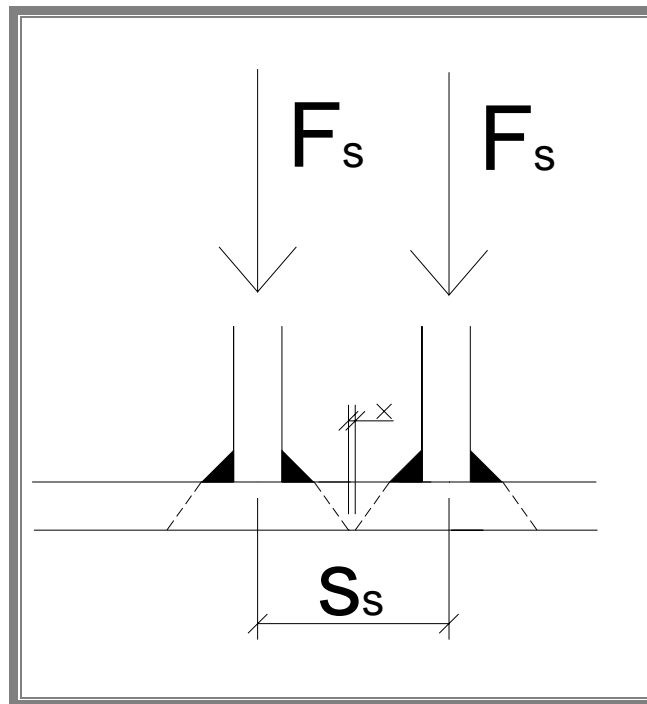
Kuva 28 Kuorman jakautuminen siteen päätylevyssä ja laskennassa käytettävät mitat

Jos levyt ovat niin lähellä toisiaan, että niiden kuormien jakaantumiskulmat leikkaavat keskenään, levyt voidaan olettaa tavallaan yhdeksi ja tällöin mitta s_s on mitta uloimpien hitsien reunasta, kuten kuvassa 29 on esitetty. Yleensä tällaisissa tapauksissa s_s määritellään näin. /3/ Jos levyt ovat lähellä toisiaan, mutta kuitenkin sen verran etäällä toisistaan, että jakaantumiskulmat eivät leikkaa keskenään (ks. kuva 30), pitää kestävyys tarkastella jokaiselle yksittäiselle kuormalle erikseen, sekä myös kokonaiskuormalle. /6, s.29/

Muut laskennassa käytetyt merkinnät selviävät kuvasta 28.



Kuva 29 Mitta s_s yleisessä tapauksessa

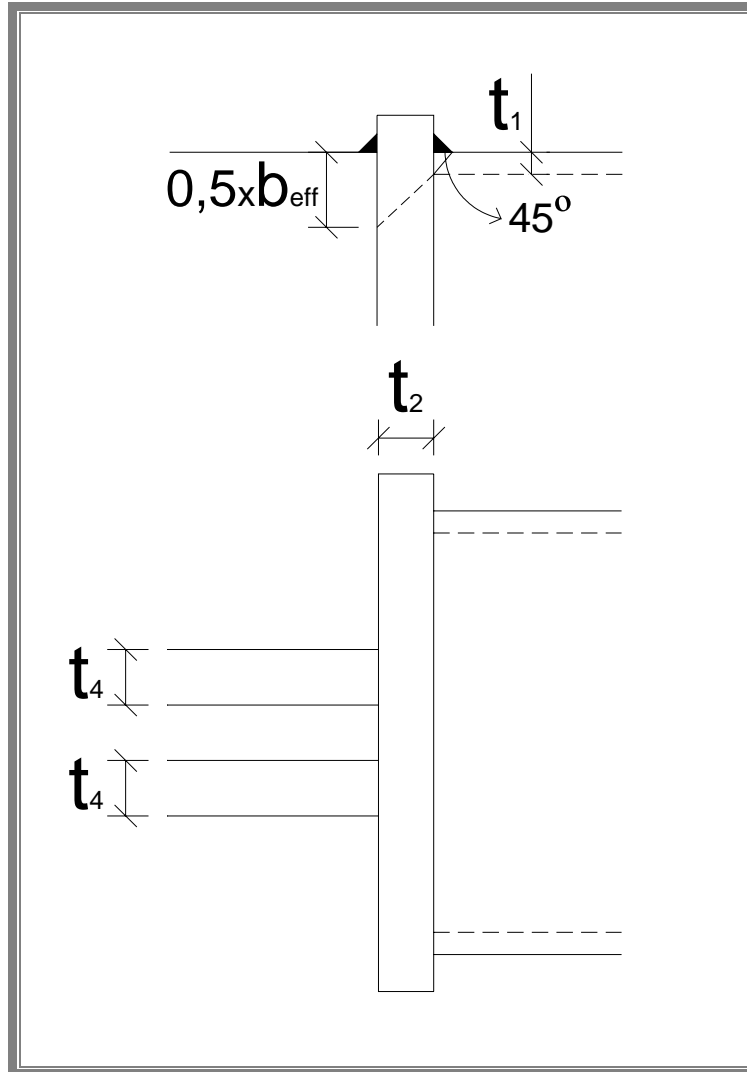


Kuva 30 Mitta s_s vaihtoehdoisessa tapauksessa

Perusaineen kestävyys kohdassa 2 saadaan siis samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavalla 8.

Perusaineen kestävyys: Liitoslevyn juuri siteessä

(Katso kuva 27 kohta 3)



Kuva 31 Laskennassa käytettävät mitat

b_{eff} lasketaan luvun 2 tavoin kaavalla 9.

Perusaineen kestävyys kohdassa 3 saadaan käyttämällä seuraavaa kaavaa:

$$N_{Rd} = 2 \cdot b_{eff} \cdot 2 \cdot t_4 \cdot f_{y4} \geq F_d \quad (25)$$

, jossa

f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)
muut merkinnät on esitetty kuvassa 31

Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 27 kohta 4)

Lasketaan kuten luvussa 2 kaavoilla 11 ja 12.

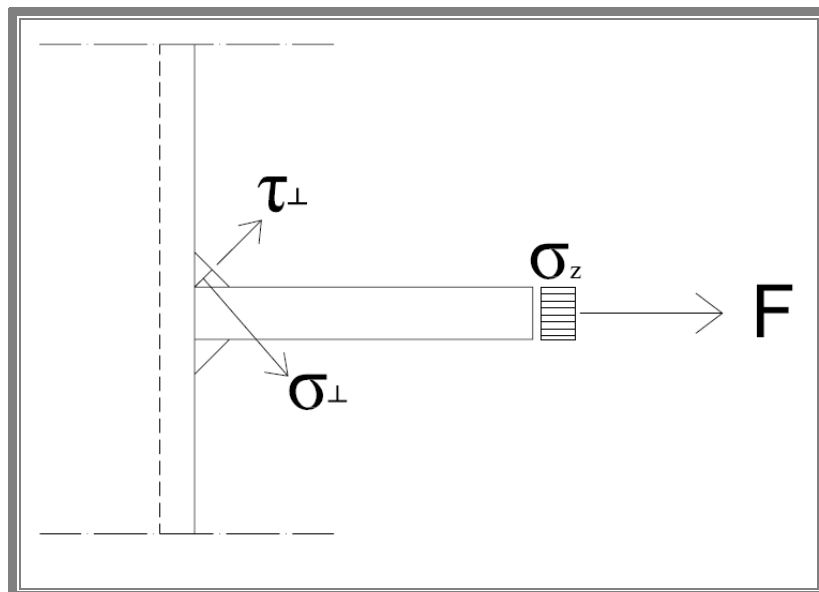
Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys

(Katso kuva 27 kohta 5)

Lasketaan kuten luvussa 2 kohdassa 2.4.6 kaavoilla 13-15.

Hitsien kestävyys

Liitoslevyn hitsaus pilariin

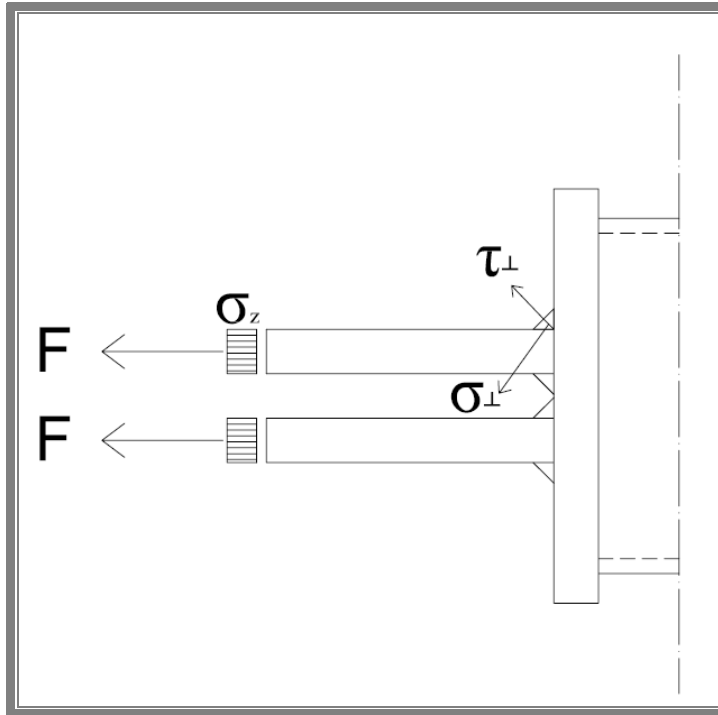


Kuva 32 Levyn hitsaus pilariin

Kuvan 32 levyn hitsaus pilariin lasketaan täysin samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavassa 20.

b_{eff} lasketaan kuten luvussa 2 kaavalla 13.

Liitoslevyjien hitsaus siteen päätylevyyn



Kuva 33 Liitoslevyjien hitsaus siteen päätylevyyn

Lasketaan kuvan 33 mukainen hitsausliitos. Käytetään samaa peruskaavaa 20 kuin luvussa 2. Otetaan laskennassa huomioon vain uloimmat hitsit, koska sisemmät hitsit ovat heikompia huonon hitsattavuutensa vuoksi.

Tässä tapauksessa siteen päätylevyssä on kaksi levyä, joten kaava muuntuu muotoon:

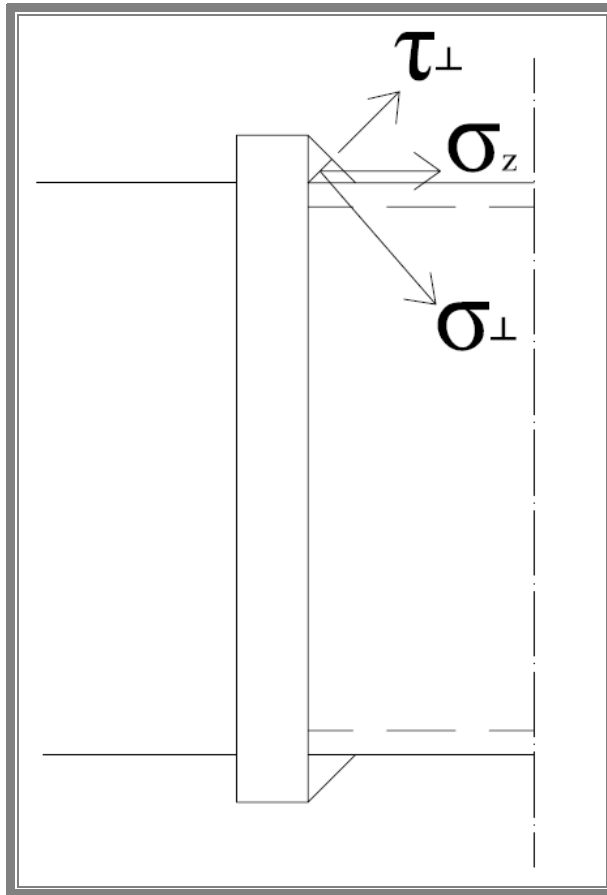
$$a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot 2 \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_z^2} \quad (26)$$

$$, \text{ jossa } \sigma_w = \frac{F_d}{2 \cdot (t \cdot h_{eff})}$$

$h_{eff} = b_{eff}$, lasketaan kuten luvussa 2 kaavalla 9.

$\gamma_{Mw} = \gamma_{M2}$ (ks. liite 1 taulukko 3)

Päätylevyn hitsaus siteeseen

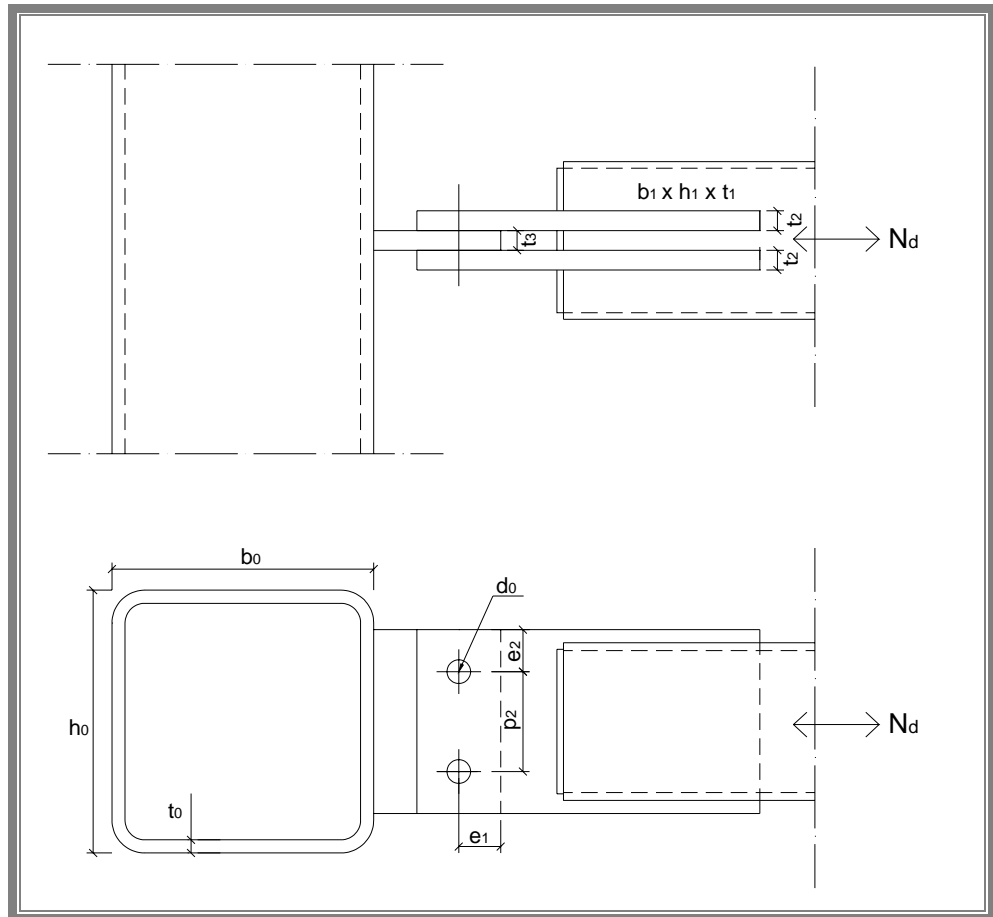


Kuva 34 Päätylevyn hitsaus siteeseen

Kuvan 34 tilanne on täysin sama kuin luvussa 2, joten käytetään kaavaa 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 7.

5 VAAKASITEEN 2-LEIKKEINEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN (SISÄÄNVEDETYT LEVYT)



Kuva 35 Vaakasuoran, sisäänvedetyllä levyllä varustetun, siteen liitos putkiprofiili-pilariin

Lasketaan kuvan 35 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjien palamurtumiskestävyys
- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen putki loveuksen kohdalla
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla
 - o Pilarin kestävyys
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 1. Tässä tapauksessa liitos on 2-leikkeinen, joten liitoksen ruuvien leikkauskestävyys saadaan:

$$2 \cdot F_{v,Rd} \cdot \text{ruuvien määrä}$$

Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

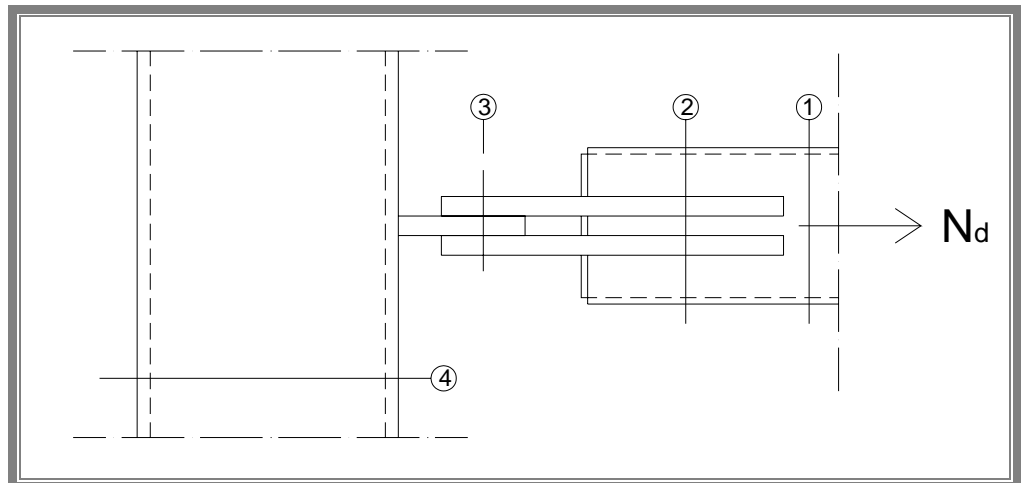
Lasketaan luvun 2 kaavalla 2.

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys lasketaan luvun 2 kaavalla 3 tai 4.

Tässä tapauksessa pitää tarkastella sekä pilariin liittyvän levyn (levy 3) että siteeseen liittyvän levyn (levy 2) palamurtumiskestävyys, koska yleensä levyt ovat eripaksuisia.

Perusaineen kestävyys



Kuva 36 Perusaineen kestävyuden laskentapisteet

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 36 määrämissä kohdissa.

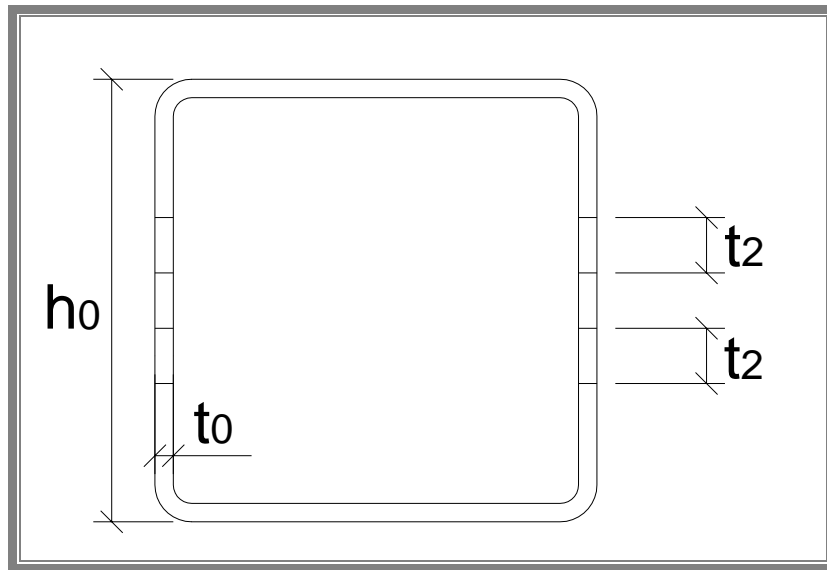
Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 36 kohta 1)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavan 5 mukaan

Perusaineen kestävyys: Siteen putki loveuksen kohdalla

(Katso kuva 36 kohta 2)



Kuva 37 Putken loveuksen mitat

SS-Teracon Oy:n tulkinnan mukaan perusaineen kestävyys kohdassa 2 saadaan seuraavalla kaavalla:

$$\left. \begin{aligned} N_{pl,Rd} &= \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} &= \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \end{aligned} \right\} \text{min} \quad (27)$$

, jossa

$$A_{net} = A - (4 \cdot t_2 \cdot t_0)$$

mitat esitetty kuvassa 37

f_y = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M0}/γ_{M2} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

f_{ti} = vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(katso kuva 36 kohta 3)

Liitoslevyn kestävyys lasketaan luvun 2 mukaan kaavoilla 11 ja 12.

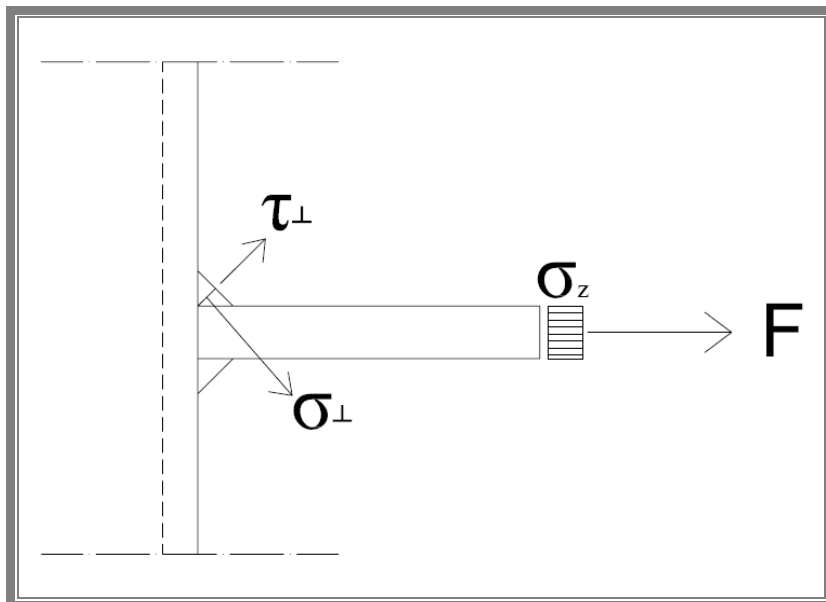
Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys

(Katso kuva 36 kohta 4)

Lasketaan kuten luvussa 2, kohdassa 2.4.6 kaavoilla 13-15.

Hitsien kestävyys

Liitoslevyn hitsaus pilariin

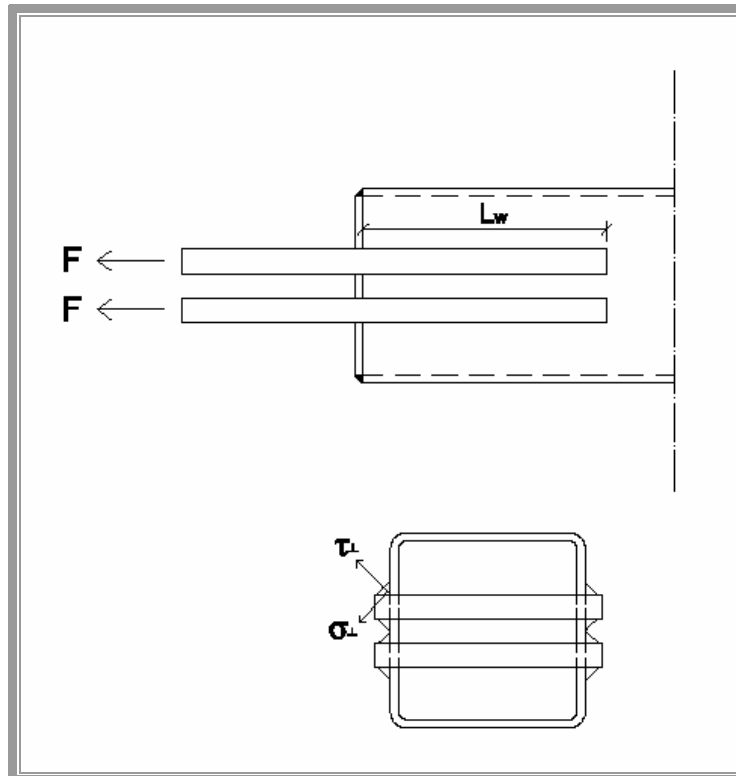


Kuva 38 Levyn hitsaus pilariin

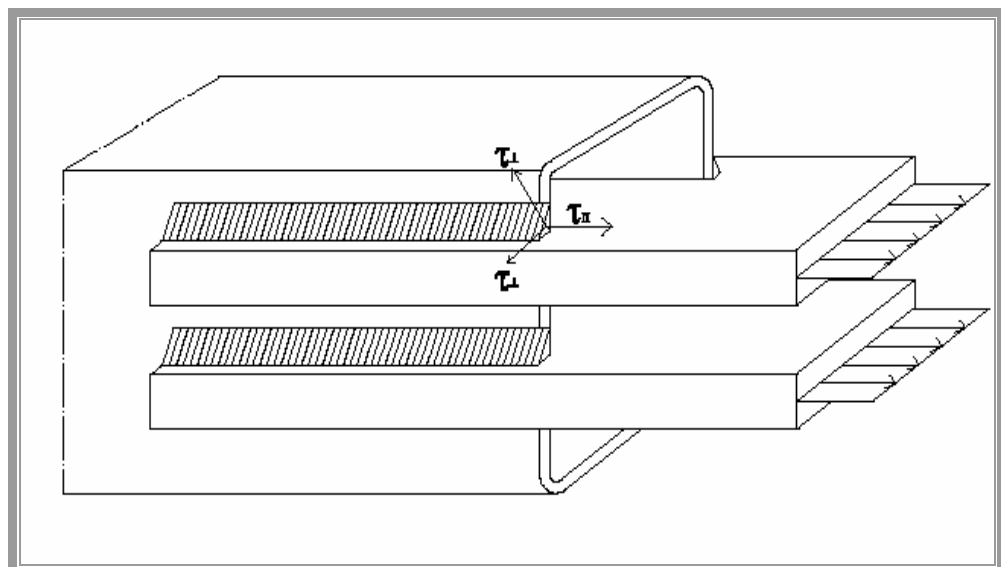
Kuvan 38 levyn hitsaus pilariin lasketaan täysin samalla tavalla kuin luvussa 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, lasketaan kaavalla 13 käyttäen kuvan 11 merkintöjä.

Liitoslevyjen hitsaus siteeseen /8, s. 44/



Kuva 39 Hitsiliitoksen merkinnät



Kuva 40 Hitsiliitoksen merkinnät 3D-kuvassa

Kuvien 39 ja 40 perusteella saadaan seuraavat yhtälöt:

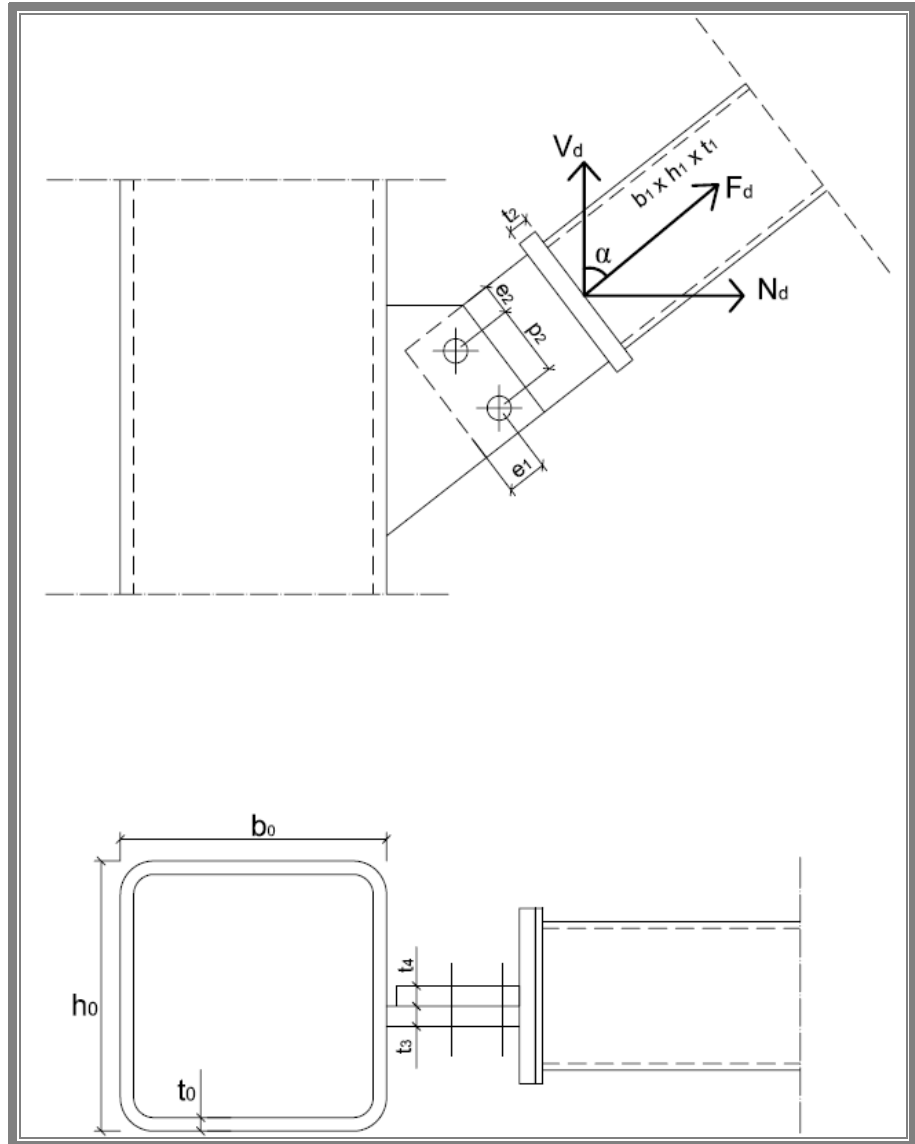
$$\sigma_{\perp} = 0 \quad \tau_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_d}{4 \cdot a \cdot L_w}$$

Laskennassa otetaan huomioon vain uloimmat hitsit, koska sisemmät hitsit eivät ole toimivia huonon hitsattavuuden vuoksi. Voidaan siis käyttää samaa kaavaa kuin luvussa 3 eli kaavaa 23.

Hitsin pituudelle pätee tässäkin tapauksessa sama sääntö kuin luvussa 3. Hitsin pituus eli levyn sisäänvedetyn osan pituus saadaan kuvan 25 avulla.

6 VINOSITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN PITUUSSUUNTAISELLA LEVYLLÄ



Kuva 41 Vinositeen liitos putkiprofiili-pilariin pituussuuntaisella levyllä

Lasketaan kuvan 41 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys
- Perusaineenkestävyys
 - o Siteen putki

- Siteen laipat
 - Liitoslevyn juuri siteessä
 - Liitoslevy pulttien kohdalla
 - Pilarin kestävyys
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 1.

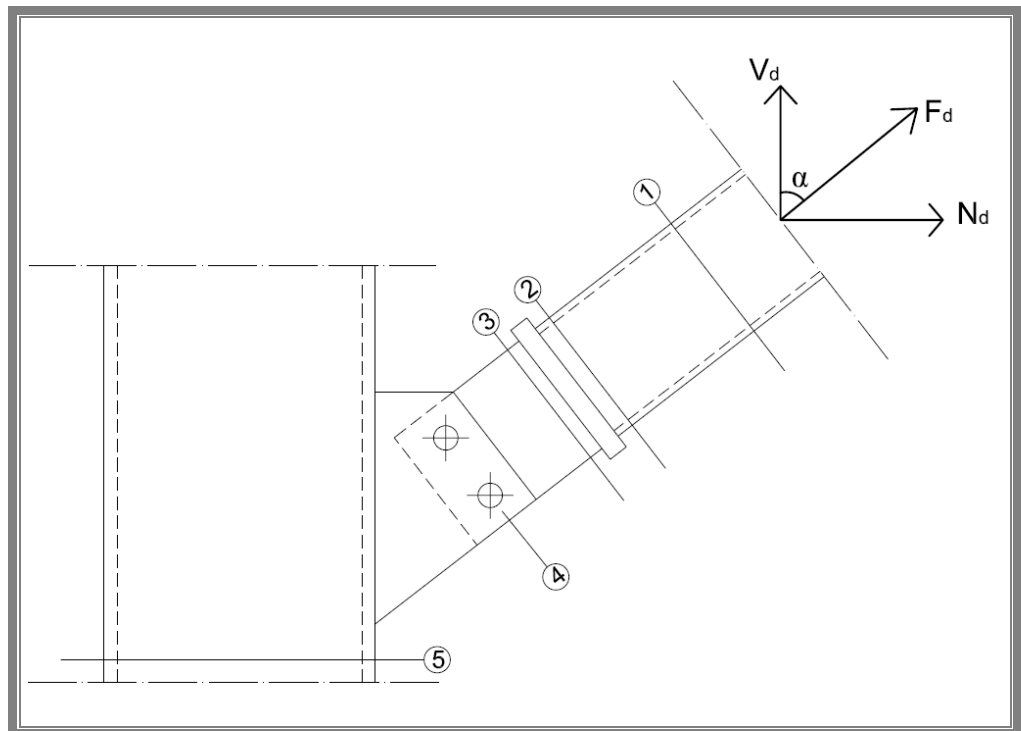
Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

Reunapuristuskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 2

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 3 tai 4.

Perusaineen kestävyys



Kuva 42 Perusaineen kestävyiden laskentapisteet

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 42 määäämissä kohdissa.

Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 42 kohta 1)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 5.

Perusaineen kestävyys: Siteen laipat

(Katso kuva 42 kohta 2)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 8.

Perusaineen kestävyys: Liitoslevyn juuri siteessä

(Katso kuva 42 kohta 3)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 10.

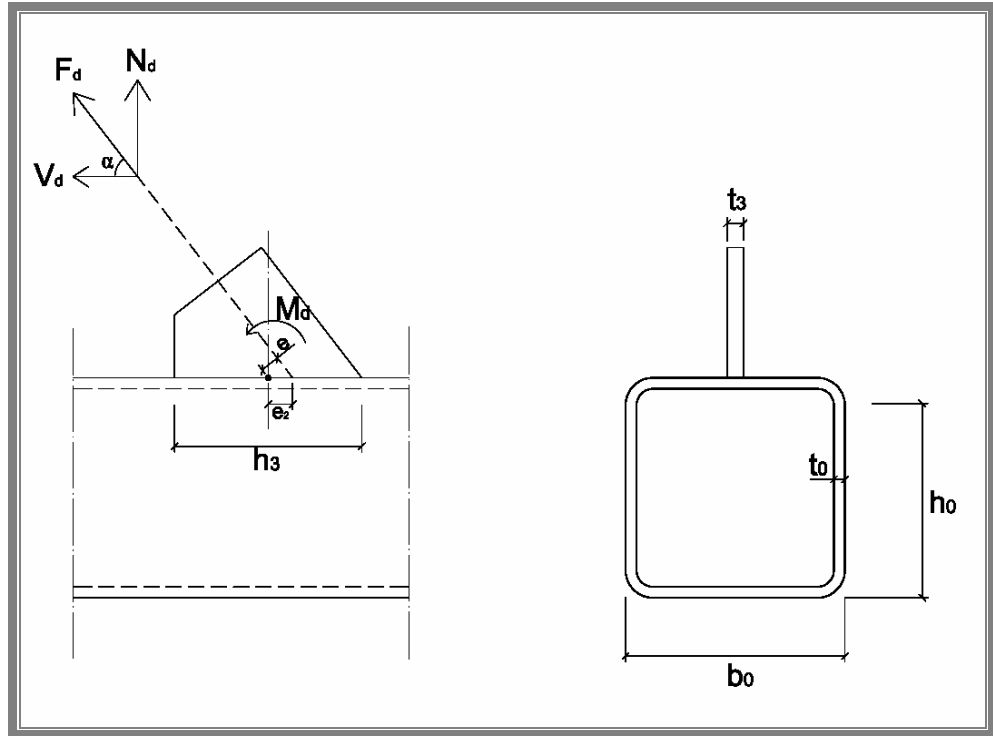
Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 42 kohta 4)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 11 ja 12.

Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys

(Katso kuva 42 kohta 5)



Kuva 43 Pilarin kestävyden laskennassa käytettävät merkinnät

Paarteen pinnan murtuminen, kun $\frac{t_3}{b_0} \leq 0,2$ /7, s. 132/

$$N_{1,Rd} = \frac{k_m \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{1 - t_3 / b_0 \cdot \sin \alpha} \cdot (2h_3 / b_0 + 4\sqrt{1 - t_3 / b_0}) / \gamma_{M5} \geq N_d \quad (28)$$

, jossa

$k_m = 1,3(1-n)$, kun $n > 0$ (puristus), mutta $k_m \leq 1,0$

$k_m = 1,0$, kun $n \leq 0$ (veto)

f_{y0} = myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuuskerroin (ks. liite 1 taulukko 3)

muut mitat on esitetty kuvassa 43

Eurokoodissa ei ole esitetty pilarin pinnan kestävyttä liitoslevyn mahdollisen epäkeskeisyyden aiheuttamalle momentille, joten tässä sovelletaan Putkipalkkikäsikirjan kaavoja. /9, s. 313/

$$M_{1,Rd} = 0,5 \cdot N_{1,Rd} \cdot h_1 \quad (29)$$

Normaalivoiman ja momentin yhteisvaikutus tarkastellaan seuraavalla kaavalla:
/7, s. 133/

$$\frac{N_d}{N_{1,Rd}} + \frac{M_d}{M_{1,Rd}} \leq 1,0 \quad (30)$$

, jossa

$$N_d = F_d \cdot \cos \alpha$$

$$M_d = F_d \cdot e$$

Hitsien kestävyys

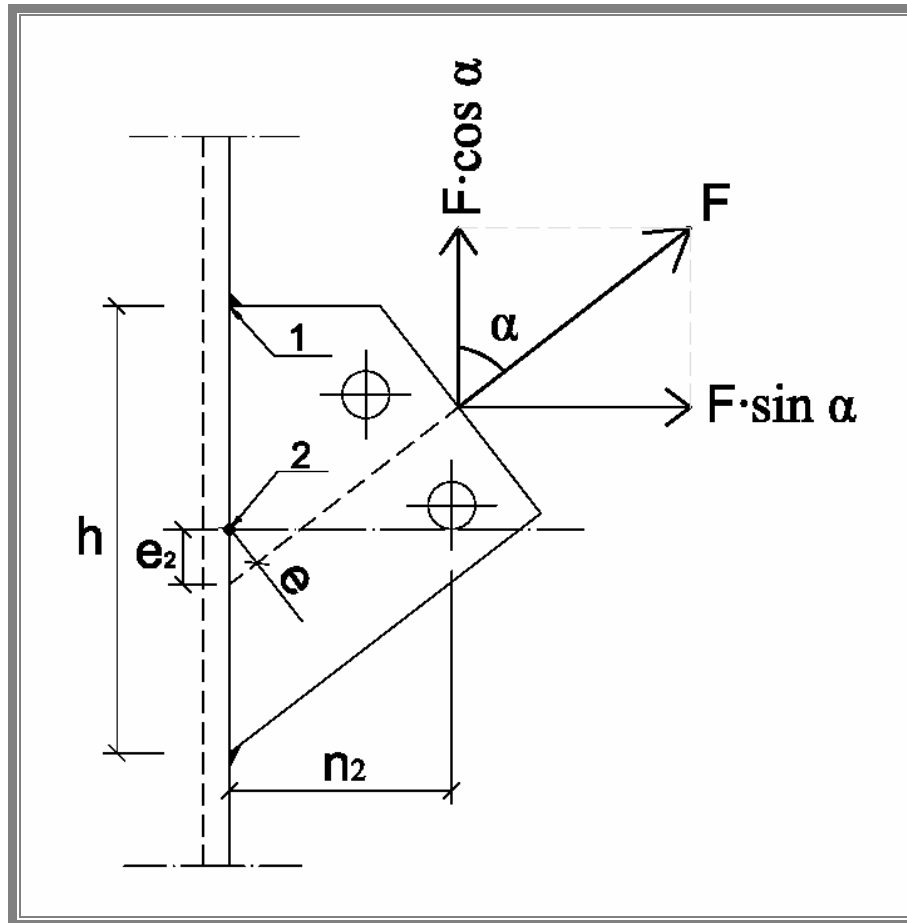
Levyn hitsaus pilariin /8, s.44-46/

Vinojen levyjen hitsien mitoituksessa voidaan käyttää yleisen tapauksen menetelmää, jossa voima voi olla missä tahansa suunnassa. Kuormittava voimaresultantti vaikuttaa liitettävien osien tasossa ja muodostaa kulman α hitsin pituus akselin suhteen. Tätä menetelmää käytettäessä jännityskomponenteille saadaan seuraavat lausekkeet:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_d \cdot \sin \alpha}{a \cdot L_w \cdot \sqrt{2}} \quad \tau_{\parallel} = \frac{F_d \cdot \cos \alpha}{a \cdot L_w}$$

Mitoitusehdoksi saadaan siis:

$$a \geq \frac{F_d \cdot \beta_w \cdot \gamma_{Mw}}{L_w \cdot f_u} \cdot \sqrt{2 \cdot \sin^2 \alpha + 3 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (31)$$



Kuva 44 Hitsausliitoksen voimat ja mitat

Lasketaan kuvan 44 mukainen hitsausliitos.

Lasketaan ensin voimasuureet:

$$N_d = F_d \cdot \sin \alpha$$

$$V_d = F_d \cdot \cos \alpha$$

$$M_d = F_d \cdot e$$

Lasketaan jännitykset pisteissä 1 ja 2

$$\sigma_{z1} = \frac{N_d}{t \cdot h} + \frac{6 \cdot M_d}{t \cdot h^2} \quad (32)$$

$$\tau_{yz.1} = 0$$

$$\sigma_{z2} = \frac{N_d}{t \cdot h} \quad (33)$$

$$\tau_{yz.2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{t \cdot h} \quad (34)$$

Mitoitusehtona voidaan käyttää kaavaa 19:

$$a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_z^2 + 3 \cdot \tau_{yz}^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{pisteessä 1: } a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_{z1}^2} \\ \text{pisteessä 2: } a \geq \frac{\beta_w \cdot \gamma_{Mw} \cdot t}{2 \cdot f_u} \sqrt{2 \cdot \sigma_{z2}^2 + 3 \cdot \tau_{yz.2}^2} \end{array} \right\} \text{suurempi arvo valitaan}$$

, jossa

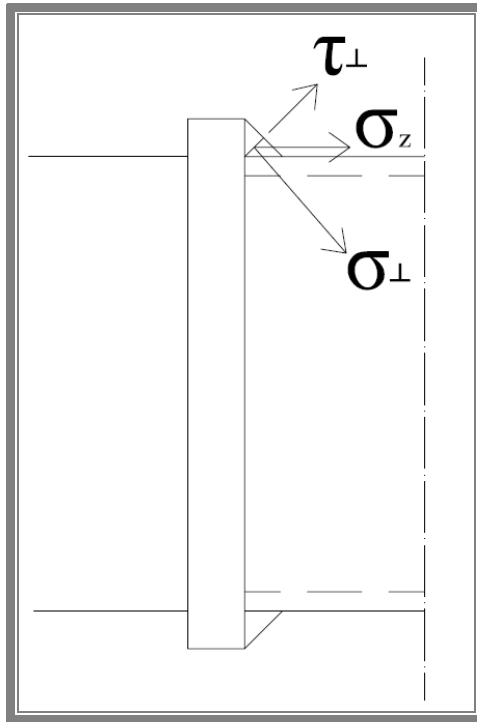
β_w = korrelaatiokerroin (ks. liite 1 taulukko 4)

γ_{Mw} = γ_{M2} (ks. liite 1 taulukko 3)

f_u = vetomurtolujuus (ks. liite 1 taulukko 2)

t = levyn paksuus

Siteen päätylevyn hitsaus siteeseen

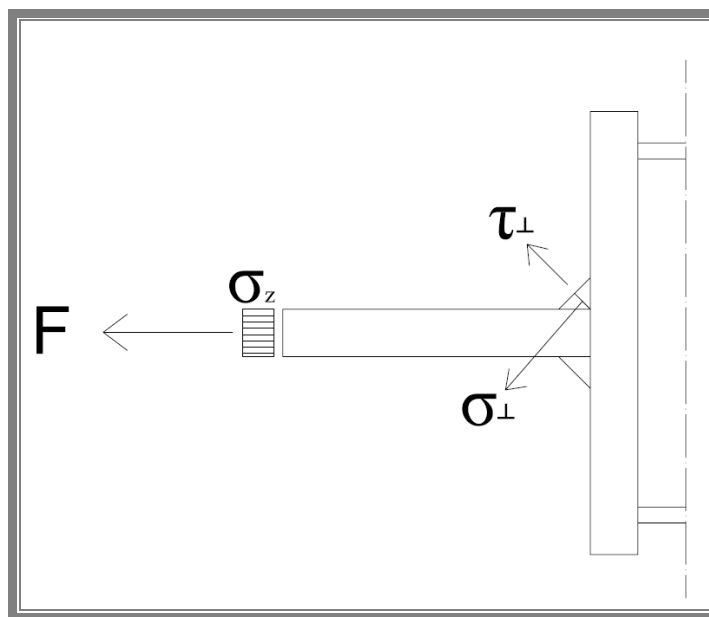


Kuva 45 Päätylevyn hitsaus siteeseen

Lasketaan kuvan 45 liitos luvun 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 7.

Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

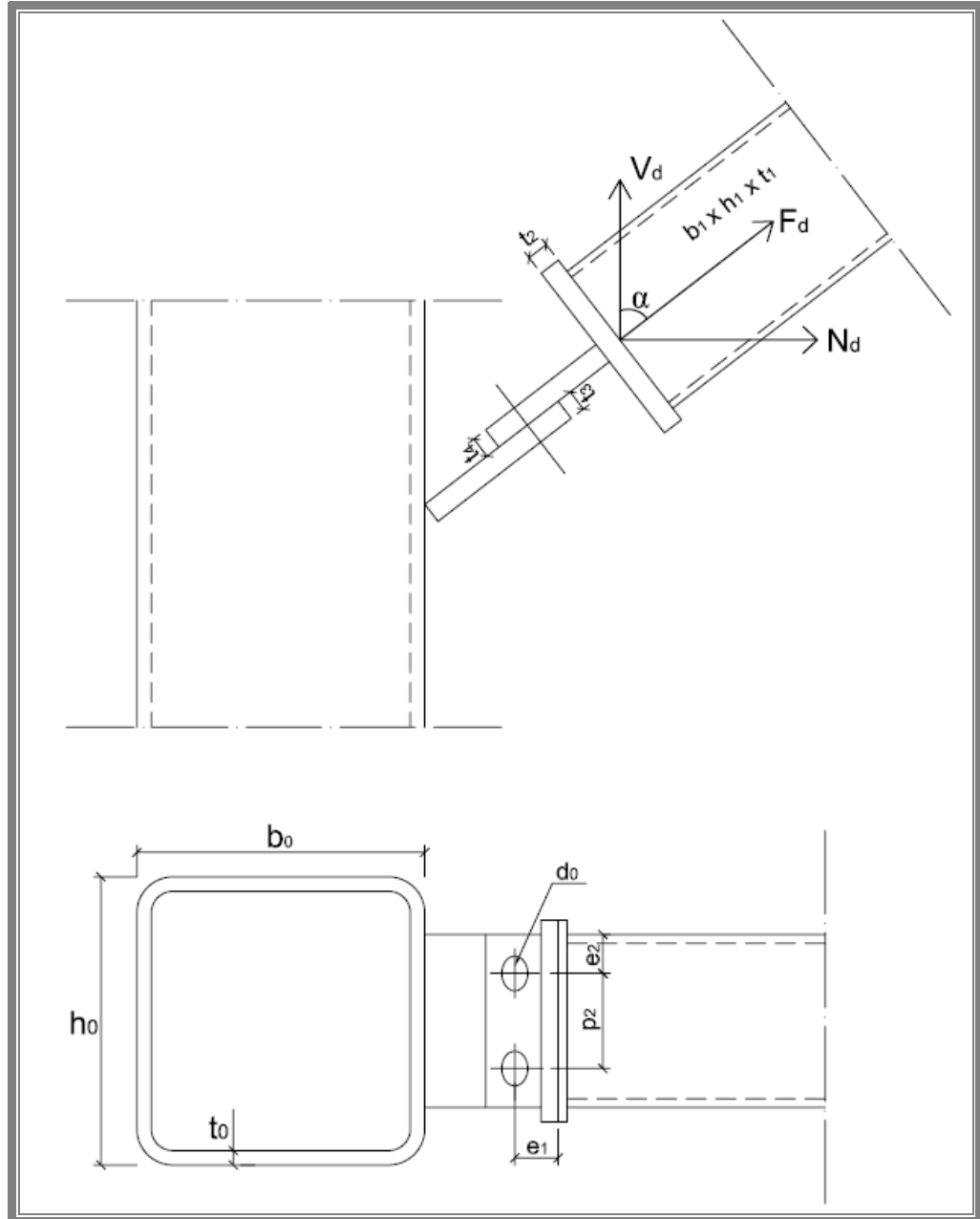


Kuva 46 Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

Lasketaan kuvan 46 liitos luvun 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 9.

7 VINOSITEEN LIITOS PUTKIPROFIILIIN POIKITTAISSUUNTAISELLA LEVYLLÄ



Kuva 47 Vinositeen liitos putkiprofiili-pilariin poikittaissuuntaisella levyllä

Lasketaan kuvan 47 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjien palamurtumiskestävyys

- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen laipat
 - o Liitoslevyn juuri siteessä
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla
 - o Pilarin kestävyys
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Leikkauskestävyys saadaan luvun 2 kaavasta 1.

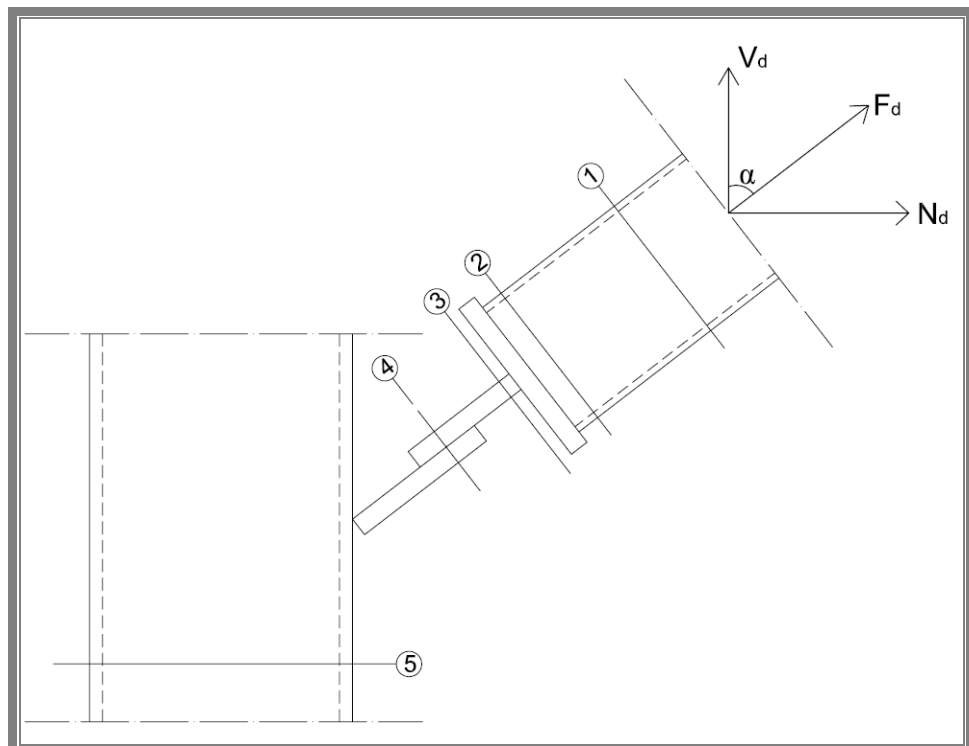
Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

Reunapuristuskestävyys saadaan luvun 2 kaavasta 2.

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys saadaan luvun 2 kaavasta 3 tai 4.

Perusaineen kestävyys



Kuva 48 Perusaineen kestävyuden laskentapisteet

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 48 määäämissä kohdissa.

Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 48 kohta 1)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 5.

Perusaineen kestävyys: Siteen laipat

(Katso kuva 48 kohta 2)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 8.

Perusaineen kestävyys: Liitoslevyn juuri siteessä

(Katso kuva 48 kohta 3)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 10.

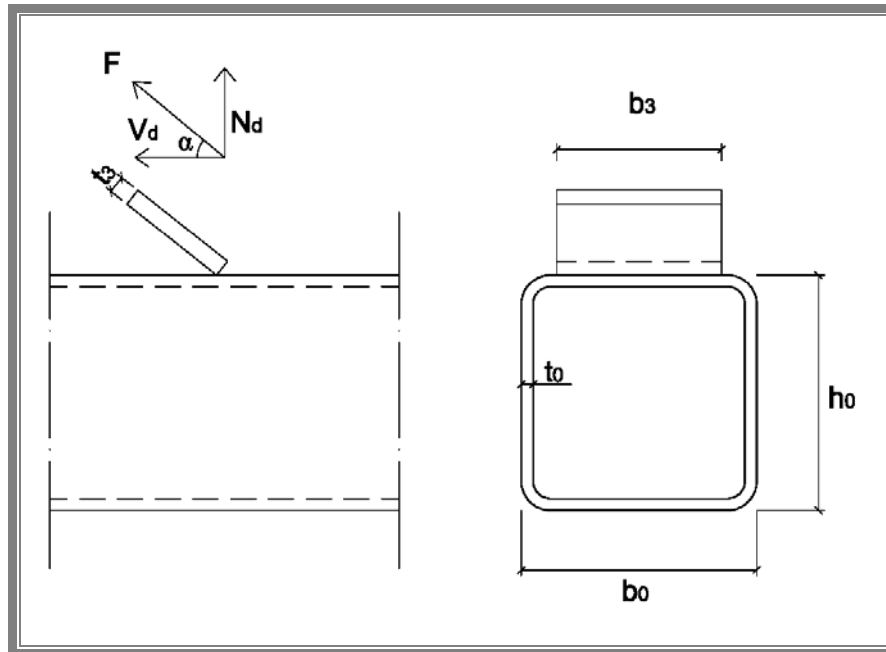
Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 48 kohta 4)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavoilla 11 ja 12.

Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys

(Katso kuva 48 kohta 5)



Kuva 49 Pilarin kestävyuden laskennassa käytettävät merkinnät

Uumasauvan murtuminen /7, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y3} \cdot t_3 \cdot b_{eff}}{\gamma_{M5} \cdot \sin \alpha} \geq N_d \quad (35)$$

, jossa
$$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot \frac{f_{y0} \cdot t_0}{f_{y3} \cdot t_3} \cdot b_3, \text{ mutta } b_{eff} \leq b_3$$

Kaavoissa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 49.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Paarteen sivun murtuminen, kun $b_3 \geq b_0 - 2t_0/7$, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0 (2 \cdot t_3 + 10 \cdot t_0)}{\gamma_{M5} \cdot \sin \alpha} \geq N_d \quad (36)$$

Kaavassa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 49.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Lävistysleikkautuminen, kun $b_3 \leq b_0 - 2t_0/7$, s. 132/:

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0} \cdot t_0 (2 \cdot t_3 + 2 \cdot b_{eff})}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M5} \cdot \sin \alpha} \geq N_d \quad (37)$$

, jossa $b_{e.p} = \frac{10}{b_0/t_0} \cdot b_3$, mutta $b_{e.p} \leq b_3$

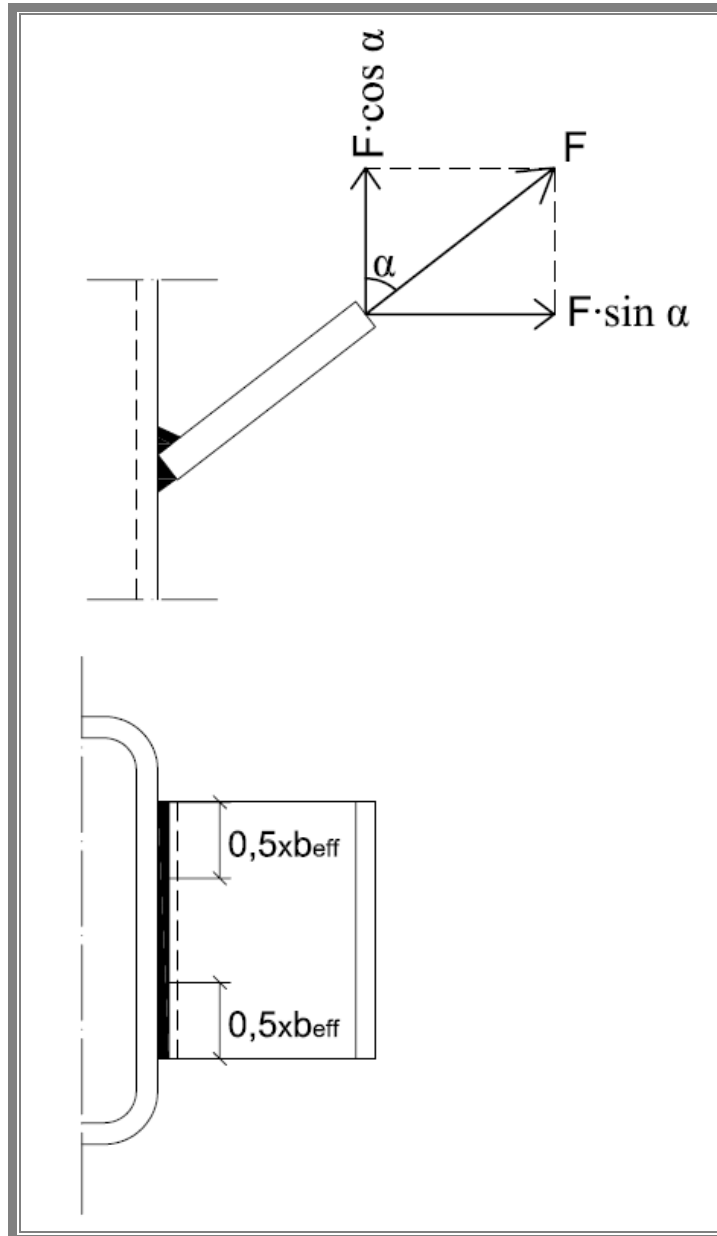
Kaavoissa käytettävät merkinnät on esitetty kuvassa 49.

f_y = rakenneteräksen myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

γ_{M5} = osavarmuusluku (ks. liite 1 taulukko 3)

Hitsien kestävyys

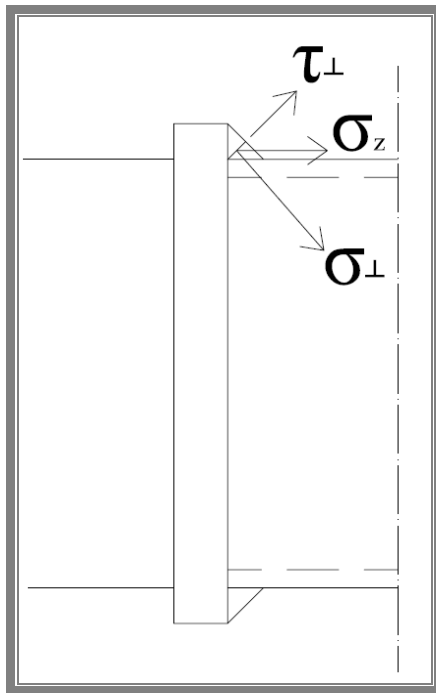
Levyn hitsaus pilariin



Kuva 50 Levyn hitsaus pilariin

Hitsin mitoituksessa voidaan käyttää kaavaa 20, jolloin oletetaan, että levy on suorassa. $h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$ (ks. kuva 50) lasketaan kaavalla 13.

Päätylevyn hitsaus siteeseen

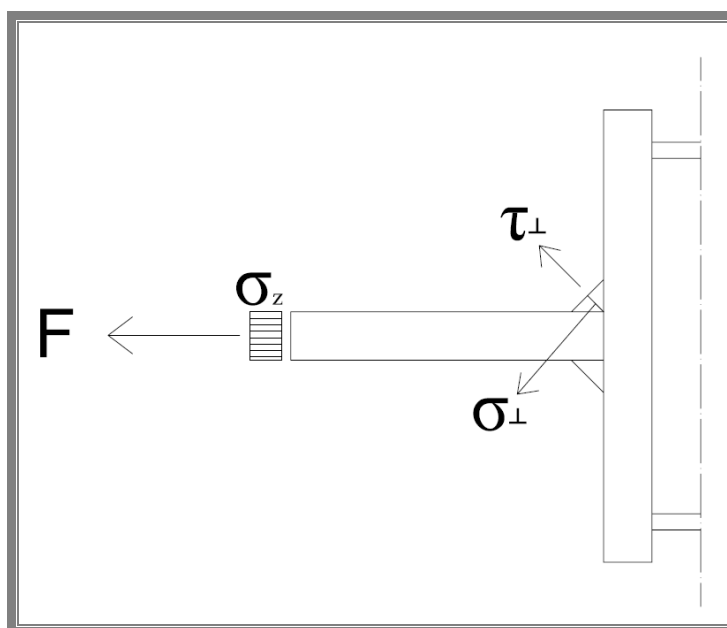


Kuva 51 Päätylevyn hitsaus siteeseen

Kuvan 51 liitos lasketaan luvun 2 tapaan kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 7.

Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

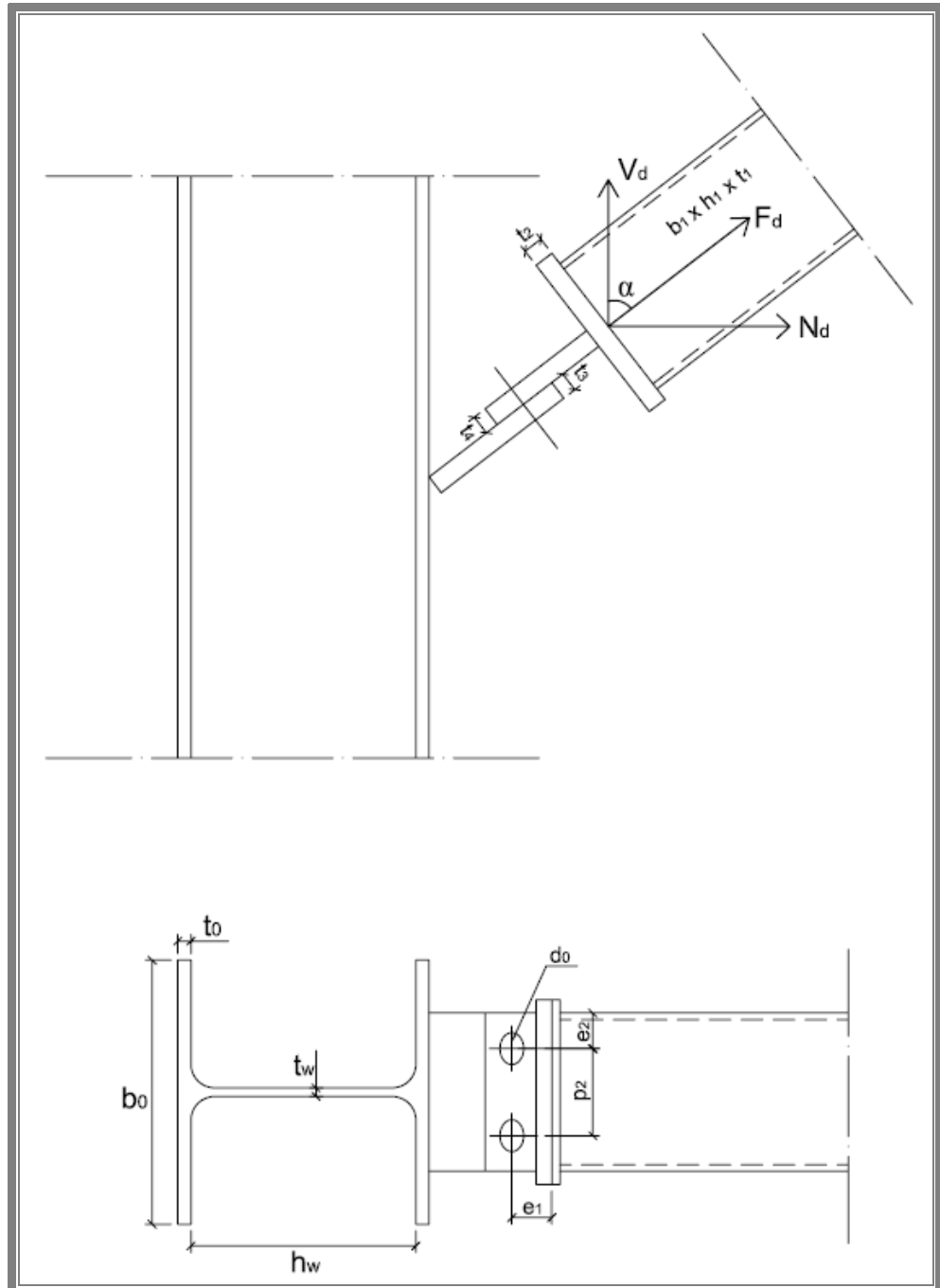


Kuva 52 Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

Kuvan 52 liitos lasketaan myös luvun 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 9.

8 VINOSITEEN LIITOS I-PROFIILIIN



Kuva 53 Vinositeen liitos I-profilipilariin

Lasketaan kuvan 53 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

- Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys
- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen laipat
 - o Liitoslevyn juuri siteessä
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla
 - o Pilarin kestävyys poikittaiselle kuormalle
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Leikkauskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 1.

Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys

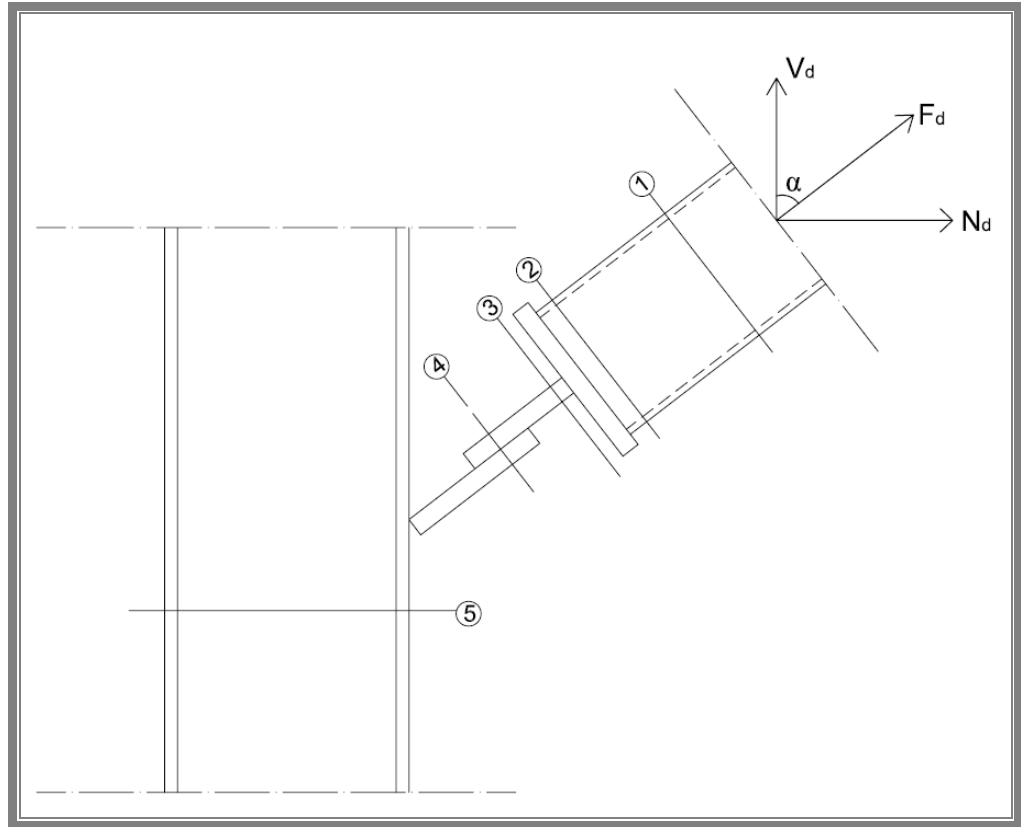
Reunapuristuskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 2.

Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 3 tai 4.

Perusaineen kestävyys

Lasketaan perusaineen kestävyys kuvan 54 määraamissa kohdissa.



Kuva 54 Perusaineen kestävyuden laskentapisteet

Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 54 kohta 1)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 5.

Perusaineen kestävyys: Siteen laipat

(Katso kuva 54 kohta 2)

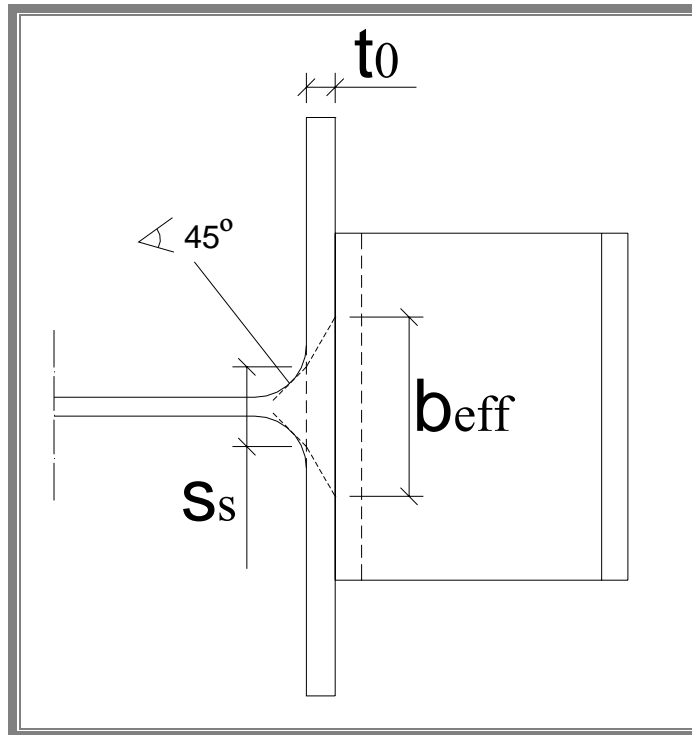
Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 8.

Perusaineen kestävyys: Liitoslevyn juuri siteessä

(Katso kuva 54 kohta 3)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 10.

b_{eff} lasketaan kaavalla 7, jossa s_s on kuvan 55 mukainen ja jossa $t_2 = t_0$.



Kuva 55 laskennassa käytettävät merkinnät

Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

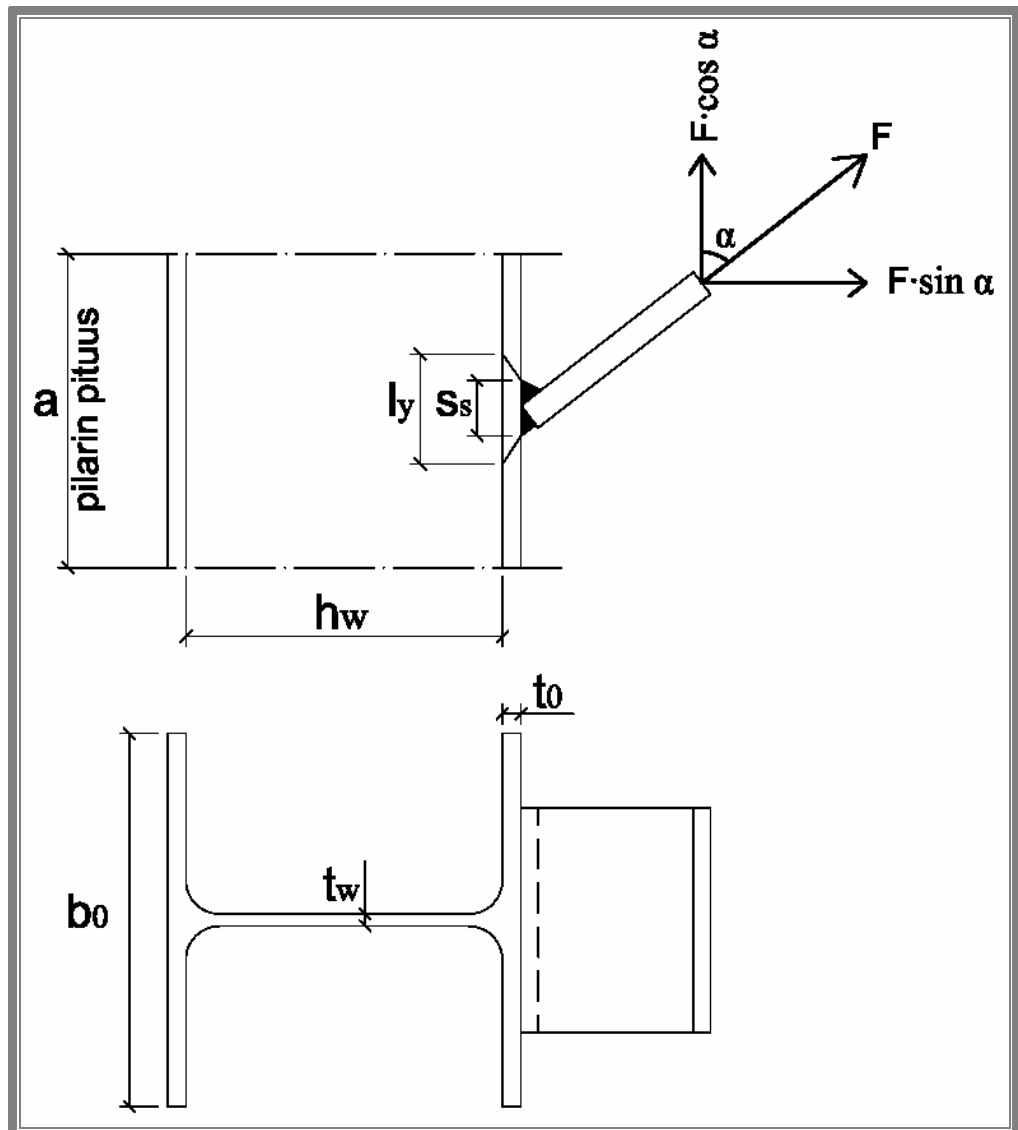
(Katso kuva 54 kohta 4)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavoilla 11 ja 12.

Perusaineen kestävyys: Pilarin kestävyys poikittaiselle kuormalle

(Katso kuva 54 kohta 5)

Pilarin uuman kestävyys



Kuva 56 Pilarin kestävyuden laskennassa käytettävät merkinnät

Tässä kohdassa kestävyys lasketaan SFS-EN 1993-1-5:n mukaan /6, s.28-30/
Kestävyuden mitoitusarvo poikittaisille kuormille paikallisen lommahduksen
suhteen saadaan kaavasta:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} \cdot L_{eff} \cdot t_w}{\gamma_{M1}} \quad (38)$$

, jossa

t_w = uuman paksuus

f_{yw} = uuman myötöraja (ks. liite 1 taulukko 2)

L_{eff} = tehollinen leveys poikittaisten kuormien suhteen

L_{eff} saadaan kaavasta:

$$L_{eff} = \chi_F \cdot l_y \quad (39)$$

Pienennystekijä χ_F lasketaan seuraavasti:

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_F} \leq 1,0 \quad (40)$$

, jossa

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y \cdot t_w \cdot f_{yw}}{F_{cr}}} \quad (41)$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} \quad (42)$$

Käytetyt merkinnät on esitetty kuvassa 56.

Eurokoodi SFS-EN 1993-1-5:n sivun 28 kuvan 6.1:n mukaan saadaan, että:

$$k_F = 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 \quad (43)$$

Koska tässä tapauksessa h_w (pilarin laippojen etäisyys) $\ll a$ (pilarin pituus), voidaan pyöristää, että $2 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2 \approx 0$, jolloin $k_F \approx 6$. Tällöin kaava 42 muuttuu muotoon:

$$F_{cr} = 5,4 \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} \quad (44)$$

Kuormituspituus l_y lasketaan kaavalla:

$$l_y = s_s \cdot 2 \cdot t_0 \cdot \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) \quad (45)$$

, jossa

s_s on esitetty kuvassa 56.

$$m_1 = \frac{f_{y0} \cdot b_f}{f_{yw} \cdot t_w} \quad (46)$$

Koska yleensä $f_{y0} = f_{yw}$, saadaan kaavasta 46 seuraava muoto:

$$m_1 = \frac{b_f}{t_w} \quad (47)$$

$$m_2 = 0,02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_0}\right)^2, \text{ jos } \bar{\lambda}_F > 0,5 \quad (48)$$

$$m_2 = 0, \text{ jos } \bar{\lambda}_F \leq 0,5$$

Voidaan olettaa, että $m_2 = 0$, jolloin laskenta on varmalla puolella. /4, s.47/

Näin kaavasta 45 saadaan seuraava muoto:

$$l_y = s_s \cdot 2 \cdot t_0 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{b_f}{t_w}} \right) \quad (49)$$

, jossa

$$b_f = \min(b_0, 30 \cdot \varepsilon \cdot t_0 + t_3) \quad (50)$$

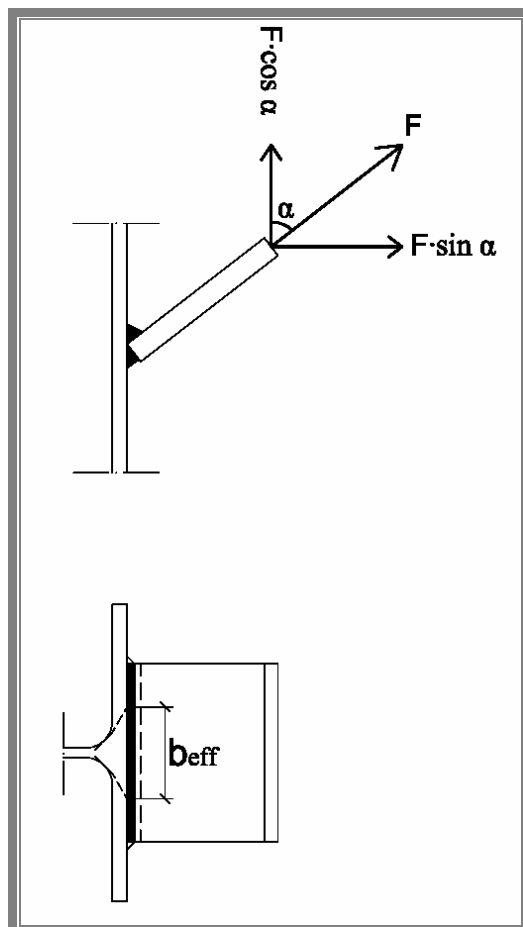
t_0 = laipan paksuus

t_3 = liitoslevyn paksuus

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

Hitsien kestävyys

Liitoslevyn hitsi pilariin



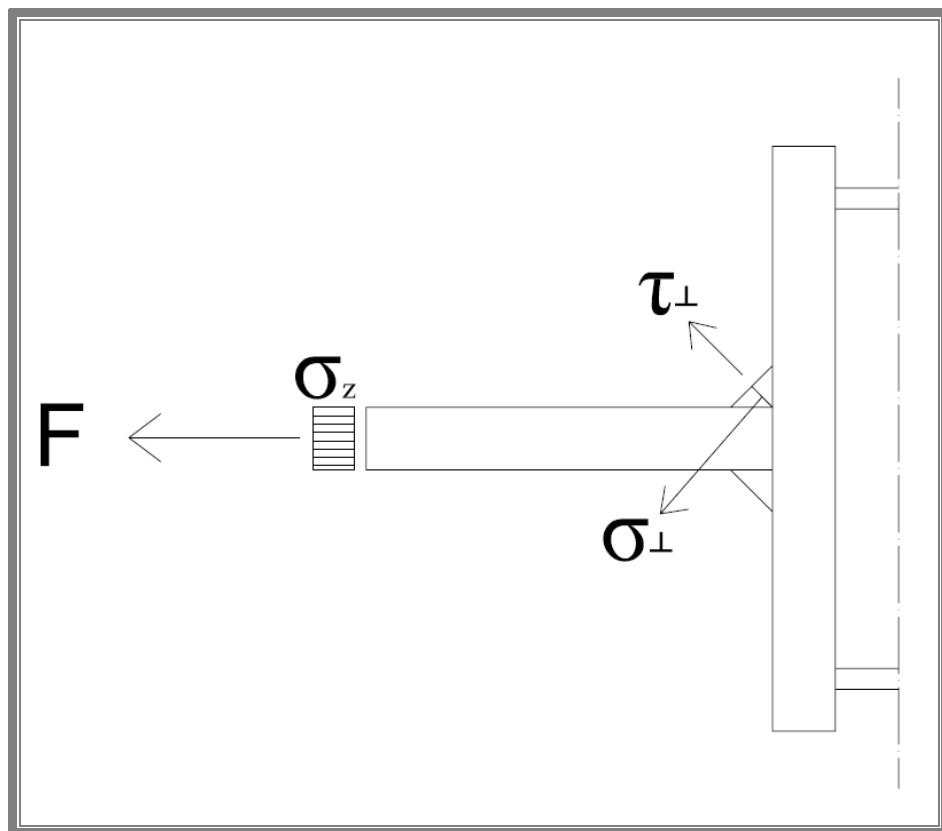
Kuva 57 Liitoslevyn hitsi pilariin

Lasketaan kuvan 57 mukainen hitsausliitos.

Levy voidaan olettaa suoraksi, jolloin voidaan käyttää samaa kaavaa kuin luvussa 2, eli kaavaa 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$ (ks. kuva 57), joka lasketaan kaavalla 7, jossa s_s on kuvan 55 mukainen ja $t_2 = t_0$.

Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

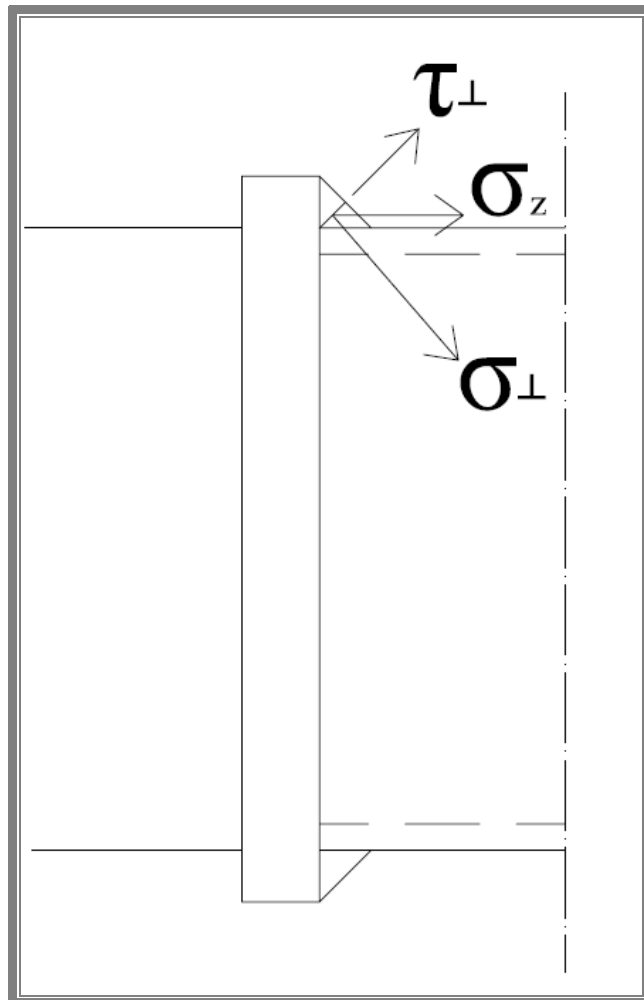


Kuva 58 Liitoslevyn hitsaus siteen päätylevyyn

Kuvan 58 hitsausliitos lasketaan luvun 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 9.

Päätylevyn hitsaus siteeseen

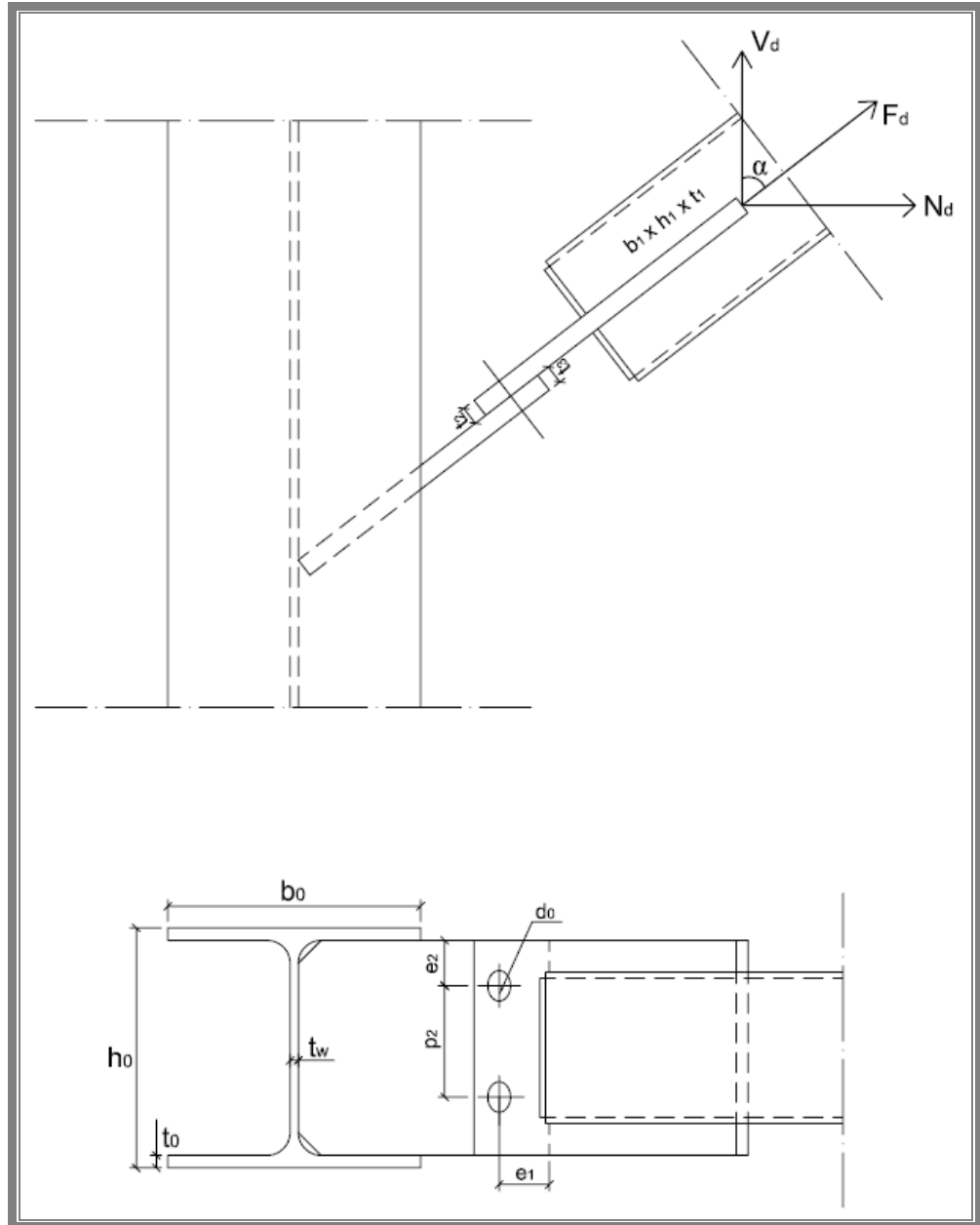


Kuva 59 Päätylevyn hitsaus siteeseen

Kuvan 59 liitos lasketaan luvun 2 kaavalla 20.

$h_{\text{eff}} = b_{\text{eff}}$, joka lasketaan kaavalla 7.

9 VINOSITEEN LIITOS I-PROFIILIIN (SISÄÄNVEDETTY LEVY)



Kuva 60 Sisäänvedetyllä levyllä varustetun vinositeen liitos I-profiiliin

Lasketaan kuvan 60 mukainen liitos. Laskennassa käydään läpi seuraavat vaiheet:

- Ruuvien leikkauskestävyys
- Liitoslevyjen reunapuristuskestävyys
- Liitoslevyjen palamurtumiskestävyys

- Perusaineen kestävyys
 - o Siteen putki
 - o Siteen putki loveuksen kohdalla
 - o Liitoslevy pulttien kohdalla
- Hitsien kestävyys

Ruuvien leikkauskestävyys

Leikkauskestävyys lasketaan luvun 2 kaavalla 1.

Liitoslevyjien reunapuristuskestävyys

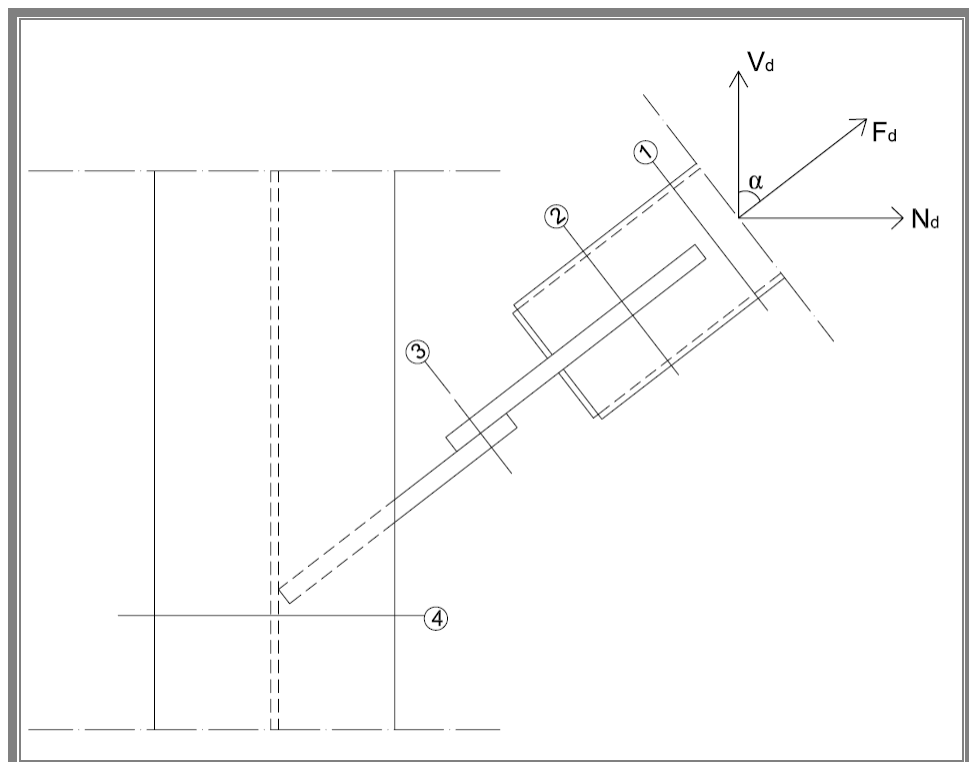
Reunapuristuskestävyys lasketaan luvun 2 kaavalla 2.

Liitoslevyjien palamurtumiskestävyys

Palamurtumiskestävyys lasketaan luvun 2 kaavalla 3 tai 4.

Perusaineen kestävyys

Tutkitaan perusaineen kestävyys kuvan 61 määräämissä kohdissa.



Kuva 61 Perusaineen kestävyuden laskentapisteet

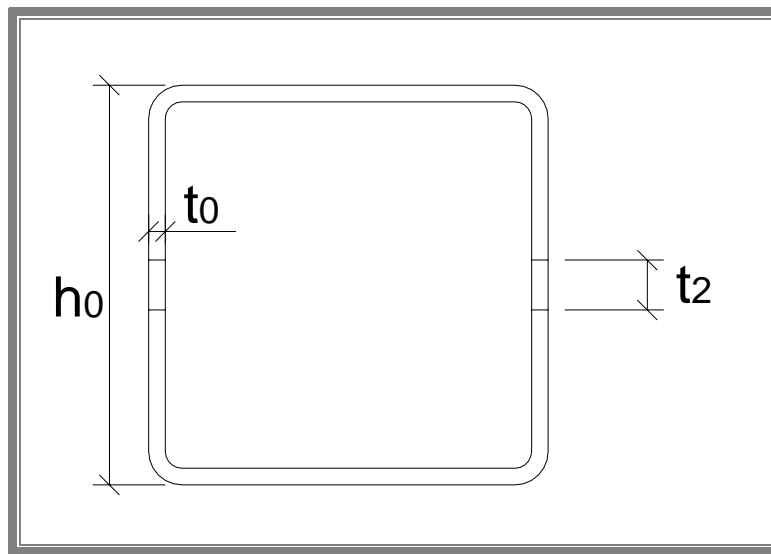
Perusaineen kestävyys: Siteen putki

(Katso kuva 61 kohta 1)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavalla 5.

Perusaineen kestävyys: Siteen putki loveuksen kohdalla

(Katso kuva 61 kohta 2)



Kuva 62 Siteen loveuksen mitat

Perusaineen kestävyys loveuksen kohdalla saadaan luvun 3 kaavasta 21 ,jossa:

$$A_{net} = A - (2 \cdot t_0 \cdot t_2)$$

mitat on esitetty kuvassa 62.

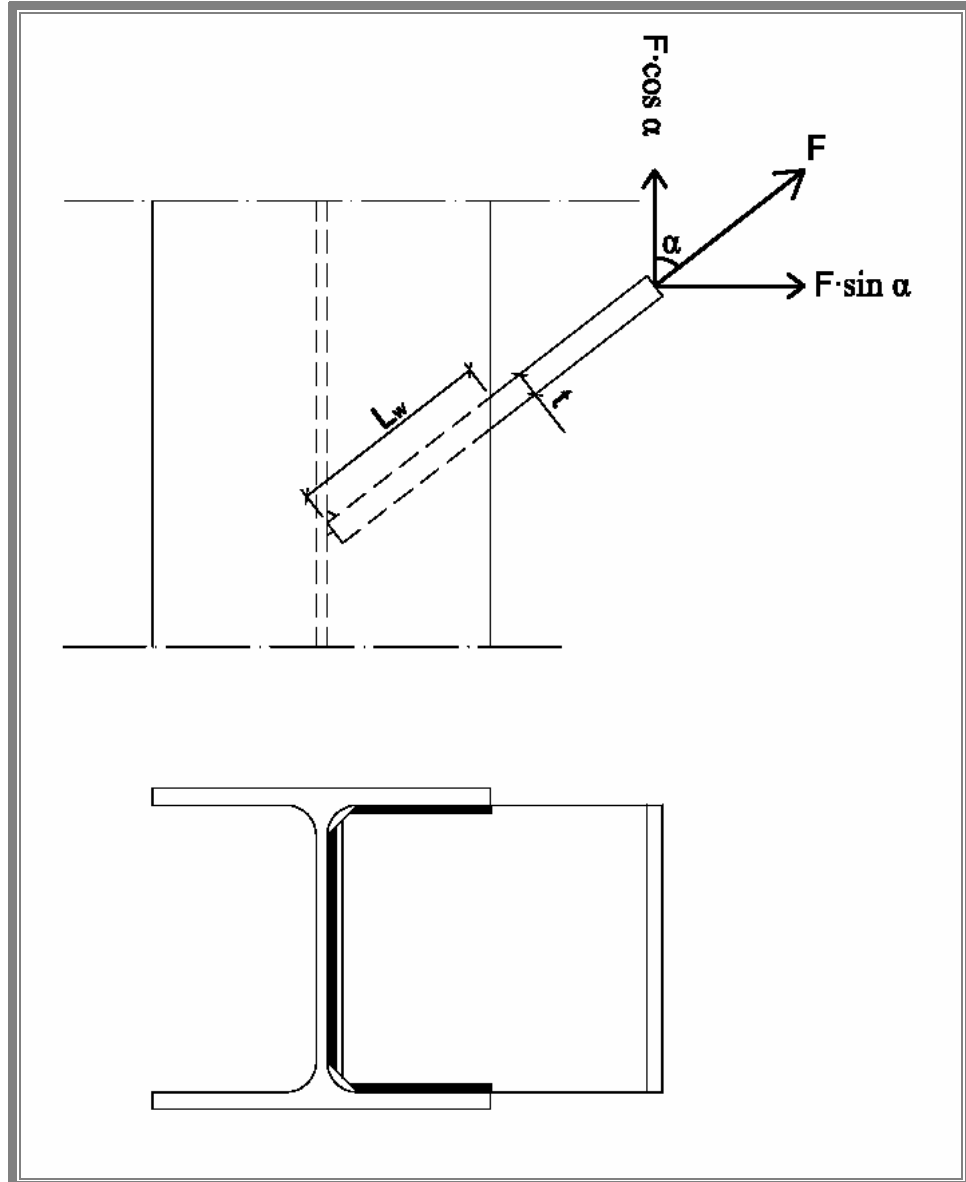
Perusaineen kestävyys: Liitoslevy pulttien kohdalla

(Katso kuva 61 kohta 3)

Perusaineen kestävyys saadaan luvun 2 kaavoista 11 ja 12.

Hitsien kestävyys

Liitoslevyn hitsi pilariin



Kuva 63 Liitoslevyn hitsaus pilariin

Lasketaan kuvan 63 liitos.

Liitoslevy voidaan jälleen olettaa laskennassa suoraksi. Pilarin uumaan tulevaa hitsiä ei tarvitse mitoittaa, joten tässä laskennassa keskitytään pilarin laipoissa oleviin hitseihin. Tässä tapauksessa liitoksen jännityskomponentit saavat seuraavat arvot:

$$\sigma_{\perp} = 0 \quad \tau_{\perp} = 0$$

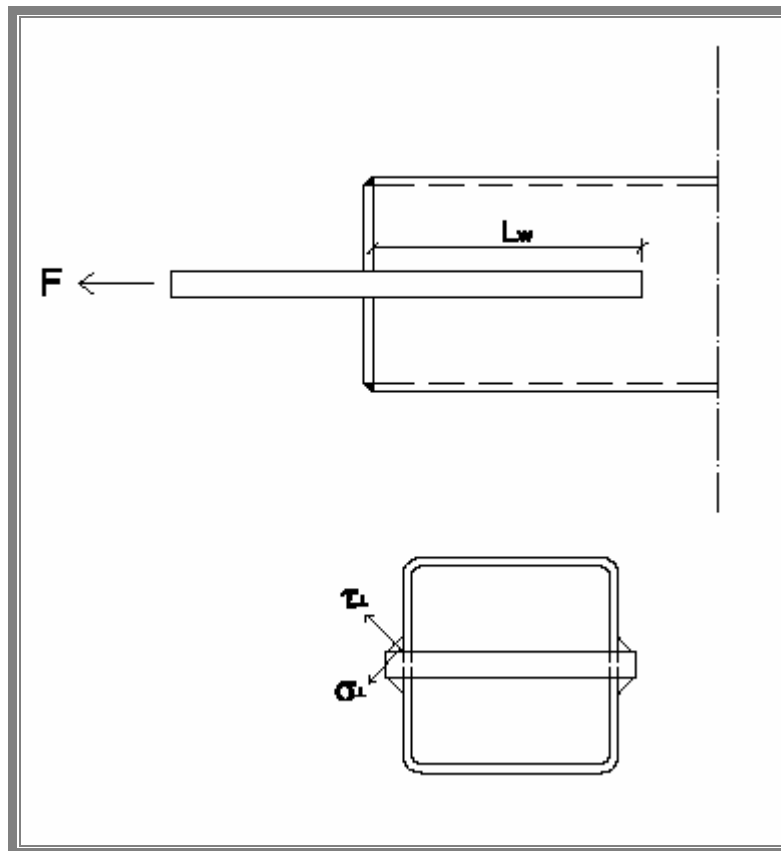
$$\tau_{\parallel} = \frac{F}{4 \cdot a \cdot L_w}$$

L_w = (ks. kuva 63) hitsin pituus (tässä tapauksessa koko hitsi toimii tehollisena)

Huomataan, että komponentit ovat samat kuin luvun 3, joten voidaan käyttää samaa kaavaa mitoituksessa, eli kaavaa 23.

Liitoslevyn hitsaus siteeseen

Kuvan 64 mukainen liitos lasketaan myös luvun 3 kaavalla 23.



Kuva 64 Liitoslevyn hitsaus siteeseen

10 YHTEENVETO

Tässä työssä käsiteltiin kahdeksan eri liitostyyppiä. Aluksi käsiteltiin vaakasiteiden liitoksia putkiprofiileihin. Tarkasteltavana oli sekä 1-, että 2-leikkeisiä liitoksia, joissa käytettiin joko normaalia liitoslevyä tai sisäänvedettyä levyä. Seuraavaksi käsiteltiin vinositeiden liitoksia putkiprofiileihin sekä pituussuuntaisella että poikittaissuuntaisella levyllä varustettuna. Lopuksi käsiteltiin vinositeiden liitoksia I-profiileihin käyttäen sekä normaalia liitoslevyä että sisäänvedettyä levyä.

Tässä työssä esiteltyjen kaavojen perusteella tehdään yritykselle mitoitusohjelmat myöhemmin. Ohjelmasta tehdään Excel-pohjainen ja ohjelmointikielenä käytetään VBA:ta.

Työtä tehdessä huomasi erityisesti sen, että Eurokoodit voivat paikoin olla hyvin vaikeaselkoisia, koska tarvittavat tiedot saattavat olla hajautettuina useissa eri standardin osissa. Eurokoodeissa käsitellään yleensä ainoastaan perustapauksia, joten tietoja joutuu usein soveltamaan. Joissakin laskentamenetelmissä on selkeitä eroja Suomen B7-standardiin verrattuna, mikä saattaa aiheuttaa sekaannuksia.

Toisinaan työssä joudutaan soveltamaan Eurokoodin esistandardia, koska Eurokoodista ei löytynyt tarvittavaa tietoa. Esimerkiksi pituussuuntaisen levyn liitoksessa putkiprofiiliin Eurokoodi ei käsittele momenttia ollenkaan.

LÄHTEET

1. Eurokoodi help desk. [www-sivu]. [viitattu 7.3.2008]. Saatavissa: <http://www.eurocodes.fi>
2. Koivisto, Pasi, DI, SS-Teracon Oy, Keskustelu 13.3.2008. Tampere.
3. Lilja, Risto, lehtori, rakennustekniikka. Keskustelu 12.3.2008. Tampereen ammattikorkeakoulu.
4. Mäkitalo, Mikael, Teräsrakenteiden liitokset. Insinööriyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennusosasto. Tampere 2005. 72 s.
5. SFS-EN 1993-1-1. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Suomen standardisoimisliitto 2005. 99 s.
6. SFS-EN 1993-1-5. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-5: Levyrakenteet. Suomen standardisoimisliitto 2006. 57 s.
7. SFS-EN 1993-1-8. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Suomen standardisoimisliitto 2005. 148 s.
8. Teräsrakenne - CD. TAMK 2004. Kinnunen, Jukka – Saarinen, Eero – Tiira, Seppo – Ulvinen, Seppo – Väänänen, Eino, Teräsrakenteiden suunnittelu, Teräsrakenteiden liitokset, osa 4. 56 s.
9. Vainio, Hannu, Rautaruukin putkipalkkikäsikirja. Rautaruukki Oy. Otavan kirjapaino Oy, Keuruu 2000. 352 s.

Taul. 1 Ruuvien myötörajan f_{yb} ja vetomurtolujuuden f_{ub} nimellisarvot (7)

Ruuvin lujuuslk.	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} [N/mm ²]	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} [N/mm ²]	400	400	500	500	600	800	1000

Taul 2 Rakenneterästen myötörajan f_y ja vetomurtolujuuden f_u nimellisarvot (5)

Standardi ja teräslaji	Nimellispaksuus t[mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
EN 10025-2				
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S275 N/NL	275	390	255	370
S355 N/NL	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520
S460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S275 M/ML	275	370	255	360
S355 M/ML	355	470	335	450
S420 M/ML	420	520	390	500
S460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S235 W	235	360	215	340
S355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S460 Q/QL/QLI	460	570	440	550
EN 10210-1				
S235 H	235	360	215	340
S275 H	275	430	255	410
S355 H	355	510	335	490
S275 NH/NLH	275	390	255	370
S355 NH/NLH	355	490	335	470
S420 NH/NHL	420	540	390	520
S460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S235 H	235	360		
S275 H	275	430		
S355 H	355	510		
S275 NH/NLH	275	370		
S355 NH/NLH	355	470		
S460 NH/NLH	460	550		
S275 MH/MLH	275	360		
S355 MH/MLH	355	470		
S420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		

Taul. 3 Osavarmuuskertoimet γ_M sovelletaan tässä luvussa seuraavasti: (7)

γ_{M0}	1,0
γ_{M1}	1,0
γ_{M2}	1,25
γ_{M3}	1,25
γ_{M4}	1,0
γ_{M5}	1,0
γ_{M7}	1,1

Taul. 4 Pienahitsien korrelaatiokertoimet β_w (7)

Standardi ja teräslaji			Korrelaatiokerroin β_w
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S235 S235 W	S235 H	S235 H	0,8
S275 S275 N/NL S275 M/ML	S275 H S275 NH/NLH	S275 H S275 NH/NLH S275 MH/MLH	0,85
S355 S355 N/NL S355 M/ML S355 W	S355 H S355 NH/NLH	S355 H S355 NH/NLH S355 MH/MLH	0,9
S420 N/NL S420M/ML		S420 MH/MLH	1,0
S460 N/NL S460 M/ML S460 Q/QL/QL1	S460 NH/NLH	S460 NH/NLH S460 MH/MLH	1,0

Taul. 5 Tasalujien kaksoispienahitsien a/t suhde ja muodonmuutoskyvyn edellyttämän minimimitoituksen $(a/t)_{\min}$ suhde (8)

Perusaine	a/t	$(a/t)_{\min}$
S 235	0,566	0,336
S 275	0,601	0,349
S 355	0,636	0,403